

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Caja Costarricense de Seguro Social – Hospital Dr. Carlos Luis
Valverde Vega.

Conversión Eléctrica del Sistema de Generación de Vapor de Agua en
el HCLVV basados en el plan nacional de energía 2015-2030 en Costa
Rica.

Informe de práctica de especialidad para optar por el título de
Ingeniería en Mantenimiento Industrial, con el grado académico de
Licenciatura

Jabed Rodríguez Vargas

Cartago, enero, 2021

Participantes del tribunal evaluador

Coordinador: Ing. Ignacio del Valle Granados

Asesor Industrial: Ing. Rolando Carvajal Montes

Profesor guía: Ing. Joshua Guzmán Conejo

Tribunal examinador: Ing. Rosa Matarrita Chaves
Ing. Juan Pablo Arias Cartín

Información del estudiante y la empresa

Información del estudiante

Nombre: Jabed Rodríguez Vargas

Cédula: 2-0686-0202

Carné: 200949606

Residencia: Río Segundo, Alajuela, de la bomba Pacific 300 metros al este, casa portón blanco.

Celular: 8837-9000

Correo electrónico: jarova14@gmail.com

Información de la empresa

Nombre: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega

Dirección: 400 norte del Mercado Municipal, San Ramón, Alajuela.

Asesor Industrial: Ing. Rolando Carvajal Montes, Msc.

Correo electrónico: rcarvajalm@ccss.sa.cr

Teléfono: 2456-9781

Actividad principal: ingeniería y mantenimiento



Conversión Eléctrica del Sistema de Generación de Vapor de Agua en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega basados en el plan nacional de energía 2015-2030 en Costa Rica. by Jabed Rodríguez Vargas is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Dedicatoria

A mi madre Anabella, con su esfuerzo y discernimiento dejó el camino listo para hoy ser una persona que pueda ser útil para la sociedad.

A mis hermanos, que con su ejemplo y apoyo me han guiado a tener las habilidades necesarias para salir adelante.

A mis amigos que han estado a lo largo de este proceso, por su apoyo, consejo y colaboración.

A todos los educadores que tuvieron contacto conmigo, personas que me han brindado una mano para cumplir con los objetivos de este proceso.

Agradecimiento

Al Ing. Rolando Carvajal Montes, jefe de ingeniería y mantenimiento del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega, por brindarme la colaboración necesaria a lo largo de la práctica profesional para alcanzar los objetivos planteados.

Al Ing. Johnny Soto Campos, supervisor, por la ayuda brindada en todos los temas gestión del mantenimiento.

A la Srta. Rosa Luz Varela Ramírez por sus consejos y motivación a lo largo del periodo de práctica profesional.

Al Sr. Danny Chavarría Cordero por brindarme la información técnica y apoyo durante el periodo de práctica.

A todo el personal del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega por su amistad y colaboración durante la práctica.

Al profesor Ing. Joshua Guzmán Conejo por su tutoría y colaboración para el desarrollo de esta práctica profesional.

A mi hermano Ing. Yoel Zumbado Vargas, por su colaboración y enseñanza durante el periodo de práctica profesional.

A mi familia en general por la motivación y ayuda para cumplir con la práctica profesional.

A todas las personas que colaboraron directa e indirectamente durante mi formación profesional y elaboración de este proyecto.

Índice General

Participantes del tribunal evaluador	ii
Información del estudiante y la empresa	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice General	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Apéndices	ix
Abreviaturas	xii
Resumen Ejecutivo	xiii
Abstract	xv
Capítulo 1 Introducción	iv
1.1. Datos de la empresa	2
1.2. Descripción actual del proceso productivo de generación de vapor de agua por Caldera Cleaver Brooks 70 BHP.	6
1.3. Planteamiento del problema	12
1.4. Objetivos	15
1.5. Justificación	16
1.6. Viabilidad	17
1.7. Metodología	18
1.8. Alcance	20
1.9. Limitaciones	20
Capítulo 2 Marco Teórico	12
2.1. Gestión energética	22
2.2. Sistemas de gestión de la energía	22
2.3. Implementación de sistemas de gestión de energía norma ISO 50001 ...	22
2.4. Consumo de energía eléctrica	24
2.5. Auditoría energética	25
2.6. Tratamientos de aguas de alimentación de la caldera	31
2.7. Sistemas de vapor caldera de combustible fósil	38

2.8. Sistema de vapor caldera eléctrica	44
2.9. Sistemas de esterilización – Autoclaves.....	47
2.10. Sistemas de energía renovable – Colector de agua térmico solar	56
Capítulo 3 Desarrollo del proyecto	12
3.1. Informe de auditoría energética basada en la norma INTE/ISO 50002:2018	65
3.1.1. Antecedentes.....	65
3.1.2. Alcance y limitaciones	65
3.1.3. Detalles de la auditoría	66
3.1.4. Indicadores de desempeño energético	77
3.1.5. Instalación de equipos Autoclaves con generador propio (opción aceptada por el centro de salud).....	82
3.1.6. Oportunidades de conservación de la energía (OCE).....	89
3.2. Contabilización de reducción de gases de efecto invernadero	98
3.3. Análisis económico de la implementación del SGE basado en la norma INTE/ISO 50001:2018	99
Capítulo 4 Conclusiones y recomendaciones.....	103
4.1. Conclusiones	104
4.2. Recomendaciones	104
Bibliografía	105
Anexos.....	108
Apéndices	150

Índice de tablas

Tabla 1.1. Costos según tipo de fuente energética desde enero 2020 hasta mayo 2020.....	14
Tabla 1.2. Población beneficiaria en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega...	15
Tabla 1.3. Metodología del proyecto	18
Tabla 2.1. Detalle de los tipos de auditoría según la norma INTE/ISO 50002:2018.	25
Tabla 3.1. Activos del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega que consumen y generan vapor a base de energía combustible gas lp	73
Tabla 3.2. Activos del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega que consumen y generan vapor a base de energía eléctrica	73
Tabla 3.3. Activos del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega que consumen y generan vapor a base de combustible gas lp..	76
Tabla 3.4. Resumen indicadores de desempeño energético de tipo económico ..	78
Tabla 3.5. Resumen Indicadores de desempeño energético	81
Tabla 3.6. Características de la propuesta de los equipos autoclaves a instalar en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega	83
Tabla 3.7. Costo equipo requerido para conversión eléctrica del sistema de generación de vapor en las áreas de esterilización	84
Tabla 3.8. Flujo Financiero de conversión eléctrica del sistema actual de generación de vapor por autoclaves con generador propio del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega	86
Tabla 3.9. Análisis de depreciación línea recta de activo Autoclave.	87
Tabla 3.10. Costo equipo requerido para la implementación del economizador al sistema de generación de vapor en las áreas de esterilización.....	90
Tabla 3.11. Ahorros energéticos teóricos proyectados en las áreas de esterilización con la puesta en marcha de colector de agua térmico solar.....	94
Tabla 3.12. Resumen Indicador ambiental por consumo de gas lp en generación de vapor de agua	98
Tabla 3.13. Costo normas ISO para el SGE.....	99
Tabla 3.14. Costo de equipos requeridos para el SGE.....	100
Tabla 3.15. Costo supuesto del personal ingenieril encargado del diseño del SGE	100
Tabla 3.16. Costo de la inversión inicial para la implementación del SGE.....	100
Tabla 3.17. Flujos de efectivo implementación del SGE.....	101

Índice de figuras

Figura 1.1. Benemérito de la Patria: Carlos Luis Valverde Vega	2
Figura 1.2. Estructura organizacional del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega. 5	
Figura 1.3. Diagrama proceso productivo de generación de vapor de agua para las áreas de esterilización del HCLVV	6
Figura 1.4. Tratamiento de agua intercambio ciclo iónico ciclo sódico del HCLVV. 7	
Figura 1.5. Tanque de retorno de condensados del sistema de vapor del HCLVV. 8	
Figura 1.6. Caldera Cleaver Brooks 70 BHP combustible gas LP del HCLVV.	9
Figura 1.7. Manifold tubería de 100mm Ø para distribución de vapor de agua	10
Figura 1.8. Transmisión de vapor de agua.	11
Figura 1.10. Autoclave MATACHANA Serie 1000.	13
Figura 1.9. Autoclave YAN TAN MIN YTM-DSA7B.	13
Figura 1.11. Desviación del problema en el área del sistema de generación de vapor de agua actual del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.....	14
Figura 2.1. Sistema de gestión de la energía.	23
Figura 2.2. Estructura de adquisición de datos de energía hasta su análisis.....	24
Figura 2.3. Incrustación en tubos de caldera Piro tubular.....	32
Figura 2.4. Clasificación de las calderas	39
Figura 2.5. Diagrama de funcionamiento de una caldera acuotubular	40
Figura 2.5. Diagrama de funcionamiento de una caldera piro tubular.....	41
Figura 2.6. Diagrama de partes de una caldera piro tubular	42
Figura 2.7. Diagrama de temperatura vs entalpía del agua a una presión de 1 bar	44
Figura 2.9. Principio de caldera eléctrica con electrodos.....	45
Figura 2.10. Principio de caldera eléctrica con resistencias.	46
Figura 2.11. Principio de microprocesador integral de la fuente de alimentación para calderas eléctricas con resistencias.	47
Figura 2.12. Diagrama de autoclave	49
Figura 2.13. Principio de operación de una autoclave	49
Figura 2.13. Tipos de autoclave según su agente esterilizador	50
Figura 2.14. Ejemplo de ciclo de esterilización de autoclave.....	51
Figura 2.15. Sistema Venturi para el vaciado de la cámara de vapor de la autoclave.	53
Figura 2.16. Diagrama de instalación de una autoclave	55

Figura 2.17. Configuración de tubería de distribución para colectores solares: interna y externa	58
Figura 2.18. Áreas características de un colector solar	60
Figura 2.19. Absorbedor de tipo serpentín.	62
Figura 2.19. Absorbedor de tipo parrilla	63
Figura 3.1 Puntos de medición de consumo de corriente para el tablero eléctrico ubicado en centro de servicios de sala de operaciones	67
Figura 3.2. Puntos de medición de consumo de corriente para el tablero eléctrico ubicado en el centro de acopio	68
Figura 3.4. Autoclave GETINGE 63 kW existente en HCLVV.....	71
Figura 3.5. Medición de consumo eléctrico de Autoclave Getinge H56617ER-1. .	74
Figura 3.6. Proceso de instalación del colector tipo panel plano en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.....	91
Figura 3.7. Proceso de instalación del tanque acumulador de calor en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.....	92
Figura 3.8. Proceso de instalación colector tipo termosifón en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega	93
Figura 3.9. Cotización solicitada para implementación del sistema de caldera eléctrica de capacidad de 1500 kg/h para el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega	95
Figura 3.10. Cotización solicitada para implementación del sistema de caldera eléctrica de capacidad de 1500 kg/h para el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega	96

Apéndices

Apéndice 1: Propuesta de política energética Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.	151
Apéndice 2: Procedimiento identificación de requisitos legales y otros.	152
Apéndice 3: Procedimiento objetivos, metas y la planificación para lograrlos. ...	157
Apéndice 4: Procedimiento revisión energética Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.	160
Apéndice 5: Procedimiento línea base e indicadores de desempeño energético.	164
Apéndice 6: Procedimiento competencia y toma de conciencia.	167
Apéndice 7: Procedimiento comunicación.	169
Apéndice 8. Procedimiento información documentada.	172
Apéndice 9: Procedimiento planificación y control operacional.	176
Apéndice 10: Procedimiento diseño y adquisición de servicios y equipos de energía.	178
Apéndice 11: Procedimiento seguimiento y medición.	180
Apéndice 12: Procedimiento calibración de equipos de medición.	182
Apéndice 13: Procedimiento auditoría interna.	185
Apéndice 14: Procedimiento no conformidad y acción correctiva.	188
Apéndice 15: Procedimiento revisión por la dirección.	190
Apéndice 16: Desarrollo del cálculo de los indicadores económicos y de desempeño energético del sistema de vapor Caldera Cleaver Brooks 70 BHP.	192
Apéndice 17: Desarrollo del cálculo de los indicadores económicos y de desempeño energético del sistema a instalar: autoclave con generador eléctrico para vapor propio.	198
Apéndice 18: Instalación eléctrica: autoclave con generador eléctrico propio para vapor.	206
Apéndice 19: Instalación del sistema colector de tanque de agua y panel térmico solar.	208
Apéndice 20: Propuesta de implementación de sistema de generación de vapor 100% eléctrico centralizado para el total de cargas térmicas del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.	211
Apéndice 21: Diseño de planos para el proyecto del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.	215

Abreviaturas

CCSS: Caja Costarricense de Seguro Social

HCLVV: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega

SGE: Sistema de gestión de energía

GEI: Gases de efecto invernadero

OCE: Oportunidad de conservación de energía.

ISO: Organización Internacional de Estandarización.

NEC: National electric code (Código eléctrico nacional)

Gas LP: Gas licuado de petróleo

BTU: British thermal unit (Unidad térmica británica)

BHP: Boiler horsepower (caballo de vapor)

HP: Horsepower (caballo de fuerza)

kWh: Kilowatt por hora

PRIFD: Período de inversión en flujos descontados

TIR: Tasa interna de retorno

VAN: Valor Actual Neto

INTECO: Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad.

IMN: Instituto Meteorológico Nacional.

Resumen Ejecutivo

El Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega, como parte de la Caja Costarricense de Seguro Social, y su visión hacia la carbono neutralidad, busca la disminución del uso de combustibles fósiles en los procesos de generación de vapor de agua, teniendo en cuenta que el proceso de gestión administrativa energética se realizará sustituyendo el uso de los derivados del petróleo por electricidad.

En este proyecto, primeramente, se diagnosticó el uso y consumo de vapor de agua generado por sistema de Caldera Cleaver Brooks 70 BHP (con boquilla de combustible para gas licuado de petróleo) en el proceso productivo, mediante una auditoría energética tipo 1 basada en la norma INTE/ISO 50002:2018. En segundo lugar, con la información obtenida, se proponen y estiman los indicadores de desempeño energético del proceso productivo, como parte del establecimiento de la línea base de indicadores, utilizando lineamientos de la norma ISO 50006:2014.

En el punto de partida de la auditoría se resalta la transmisión de vapor de la Caldera Cleaver Brooks; donde solo se encuentra transmitiendo a las áreas de esterilización. Las otras áreas que se inhabilitaron previa a la auditoría como lavandería, secado y cocina, se les transmite energía térmica a través de un sistema de calentamiento de agua XFyre® (de igual forma con entrada de combustible gas lp) por lo tanto, para la propuesta de sustitución de los derivados del petróleo por electricidad se plantean dos opciones para el desarrollo de este proyecto: sistemas individuales únicamente para las áreas de esterilización (autoclaves con generador eléctrico de vapor propio) o un sistema centralizado de caldera eléctrica que integraría todas las áreas del hospital.

Se realizan los análisis de costo de ciclo de vida útil, para evaluar la oportunidad de la conversión del sistema a energía eléctrica. Esta mejora lleva un rediseño del sistema de vapor del centro de salud.

Ahora, la oportunidad de mejora que fue aprobada por HCLVV fue la implementación de sistemas autoclaves con generador eléctrico de vapor propio para los procesos de las áreas de esterilización y realizándose la disposición final de la Caldera Cleaver Brooks. Las áreas de cocina, lavandería y secado se mantienen con los sistemas de calentamiento de agua *XFyre®*.

Con base en lo anterior, se procede con el diseño del Sistema de Gestión de Energía (SGE), junto con los procedimientos requeridos, para el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega, basado en la norma INTE/ISO 50001:2018 dejando expuestas dos oportunidades de conservación de energía (OCE).

La primera OCE (aprobada y ejecutada) es un sistema economizador de colectores de energía solar térmica que su función es elevar la temperatura de entrada del agua previamente suavizada dirigida hacia las autoclaves eléctricas; al instalarse se logró un ahorro energético en trabajo de potencia en kWh (la temperatura de diseño para los colectores es de 23°C de entrada a 60°C de salida).

En la segunda OCE (planteada) se hizo referencia a la centralización del sistema de generación de vapor de agua, mediante la instalación de una caldera eléctrica para las cargas de vapor de las áreas de esterilización y adicionando las áreas que se encuentran conectadas a los equipos calentadores de agua *XFyre®*. Esto sería retirando todo el consumo de gas lp del HCLVV.

Finalmente, en cada etapa del proyecto (instalación y propuesta) queda la estimación del análisis económico de cada sistema, en función al plan nacional de energía 2015-2030 y economía circular en Costa Rica.

Palabras clave:

Conversión Energética Caldera, Hospital, Autoclaves Eléctricas, Energía Solar Térmica, Caldera Eléctrica, Plan Nacional de Energía Costa Rica 2015-2030.

Abstract

Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega, as part of Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), and its vision towards carbon neutrality, seeks to reduce the use of fossil fuels in the water vapor generation processes, taking into account that the administrative energy management will be carried out by substituting the use of petroleum derivatives for electricity.

The first part of the project, the use, consumption and generation of steam is diagnosed through the use of fossil fuel in the production process, through a type 1 energy audit based on the INTE / ISO 50002: 2018 standard.

Second, with the information obtained, the energy performance indicators of the current system (Boiler Cleaver Brooks 70 BHP with the fuel nozzle adapted for LP gas) of the production process are proposed and estimated, as part of the establishment of the baseline of indicators, using the guidelines of the ISO 50006: 2014 standard.

Next, the current state of the useful life cycle cost is analyzed for an electrical conversion opportunity for electric boilers. This improvement consists of a redesign of the current steam system in the health center. The approved improvement opportunity was the implementation of autoclave systems with their own electric steam generator for the sterilization processes (the project problem describes how the boiler is currently only connected to the sterilization area for administrative reasons).

Then, the design of the Energy Management System (SGE) is continued, together with the required procedures, for the Dr. Carlos Luis Valverde Vega Hospital, based on the INTE / ISO 50001: 2018 standard and two conservation opportunities are exposed of energy (OCE). The first (approved and implemented) would be an economizer system for the new autoclaves with its own electric generator, reducing

the cost of raising the temperature by means of energy sensitive to previously softened water (23 °C to 60) through solar water collectors, obtaining savings environmentally sustainable significant for the projected financial flow.

Finally, the centralization of the water vapor system, through the installation of an electric boiler, is considered as a second energy conservation opportunity (in this decarbonization process). This would be removing all the consumption of LP Gas from the other systems that need thermal energy (currently they would be kitchen, laundry and drying).

The economic analysis of each implementation process is estimated from the final disposal stage of the Cleaver Brooks Boiler, then the installation of the autoclaves with its own generator, consecutively the installation of the solar collectors and the second conservation opportunity is also projected. of energy, which would be the installation of an electric boiler as a centralized system for the continuation of this national energy and circular economy plan in Costa Rica.

Keywords:

Energy Conversion, Hospital, Electric Autoclaves, Solar Collector System, Electric Boiler, Costa Rica National Energy Plan 2015-2030.

Capítulo 1 Introducción

1.1. Datos de la empresa

1.1.1. Ubicación

400 norte del Mercado Municipal, San Ramón, Alajuela

1.1.2. Reseña histórica y descripción de la empresa

El primero de marzo de 1955 el hospital abre sus puertas con el nombre de Carlos Luis Valverde Vega; benemérito de la patria nacido en San Ramón el 10 de abril de 1903, reconocido especialista médico cirujano graduado en la Universidad de París, además de ser un miembro distinguido en el Colegio de Médicos y Cirujanos de la República era muy recordado por su admirable sentido humanitario, nobleza y activista político en pro del beneficio del bien público, muy devoto a la patria y ejemplo a seguir en Costa Rica.



Figura 1.1. Benemérito de la Patria: Carlos Luis Valverde Vega

Fuente: Hospital Carlos Luis Valverde Vega C.C.S.S, Área de Mantenimiento.

Un pequeño aporte de la Junta Fundadora de la Segunda República y el esfuerzo de la comunidad ramonense logran poner en servicio este hospital con la proyección de atención al enfermo, siendo este el primer hospital en Costa Rica en atender al enfermo alcohólico.

Actualmente se cuenta con secciones especialistas en: Pediatría, Maternidad, Partos, Cirugía ambulatoria, Sala de Operaciones, Cirugía, Bacteriología, Medicina interna, Rayos X, Cuidados Críticos, Farmacia, Laboratorio, Urgencias, Ginecología; además de áreas como: Enfermería, Trabajo social, sección de ingeniería en mantenimiento, Lavandería, Cómputo, Servicios Generales entre otros.

1.1.3. Misión

El Hospital Dr. Carlos Luís Valverde Vega, CCSS, es un centro de salud, que proporciona servicios en forma integral, oportuna con calidad, seguridad y calidez, de acuerdo al marco legal vigente, con el propósito de mejorar la condición de vida de nuestros usuarios.

1.1.4. Visión

Seremos un hospital líder en la prestación de los servicios de salud según nuestro nivel resolutivo, comprometidos con la calidez, la calidad, la seguridad y el ambiente, desarrollando políticas e indicadores de gestión que cumplan con las expectativas de nuestros usuarios.

1.1.5. Estructura organizacional

El Servicio de Mantenimiento del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega, cuenta actualmente con 24 funcionarios con los siguientes puestos según su estructura organizacional:

- ☐ Una Supervisora.
- ☐ Un Profesional jefe de gestión de ingeniería y mantenimiento.
- ☐ Una Secretaria.
- ☐ Un Asistente Administrativo II.
- ☐ Un Diplomado.
- ☐ Dos Técnicos en Equipamiento Médico Hospitalario III.
- ☐ Un Técnico de Mantenimiento I.
- ☐ Once Técnicos de Mantenimiento II.
- ☐ Cinco Técnicos de Mantenimiento III.

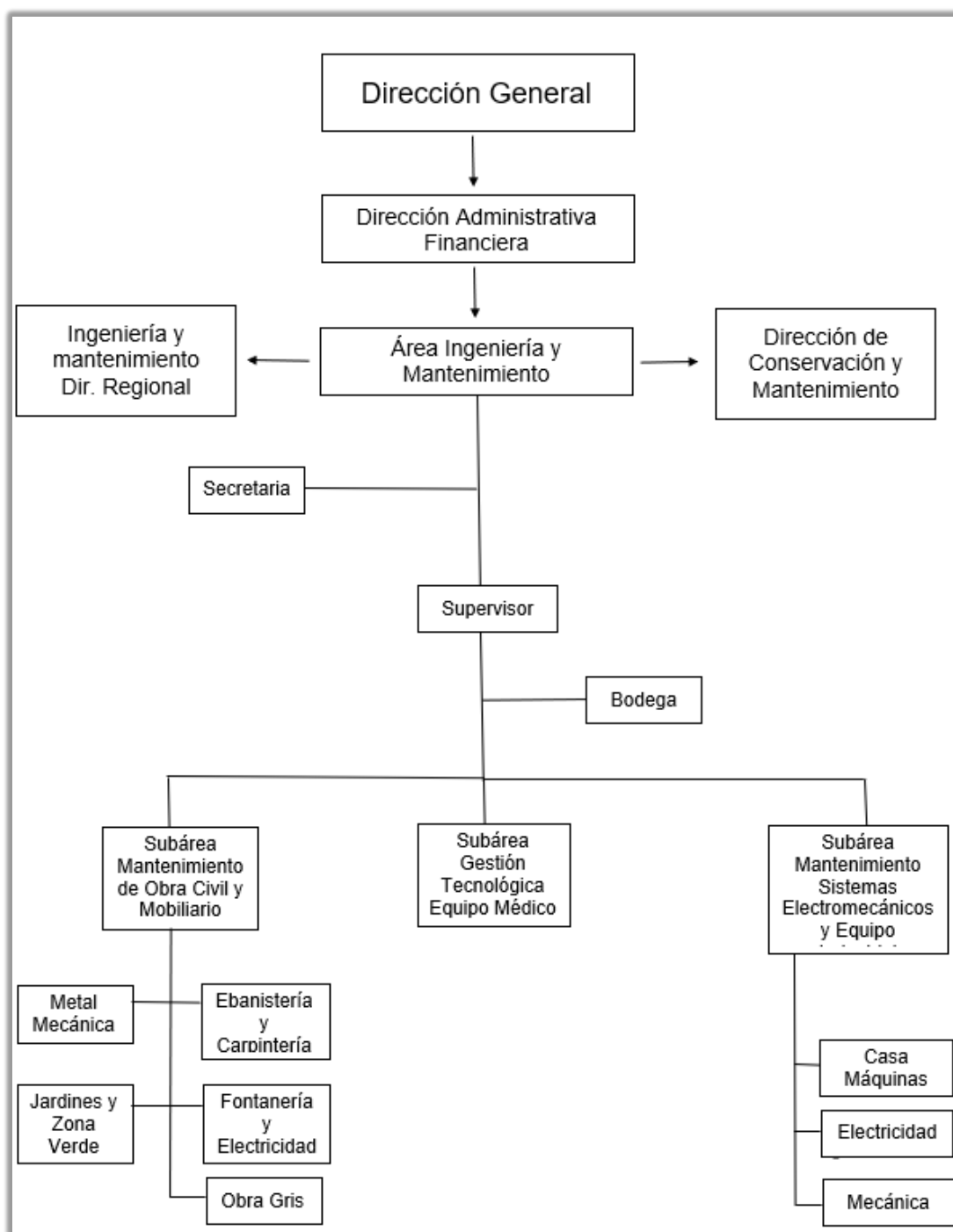


Figura 1.2. Estructura organizacional del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega. Fuente: elaboración propia

1.2. Descripción actual del proceso productivo de generación de vapor de agua por Caldera Cleaver Brooks 70 BHP.

La auditoría analizará el actual proceso de generación de vapor de agua del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega en donde se refiere a un sistema Caldera Cleaver Brooks potencia 70 BHP.

En antecedentes, según el folio 2014CD-000112-2207, se adquirió un equipo de calentamiento de agua *XFyre® WH7-400* por medio de combustible gas lp para suplir cargas que se inhabilitaron de la Caldera Cleaver Brooks.

El proceso de generación de vapor de la caldera se representa en la *figura 1.3* que describe la transmisión de vapor solamente a las áreas de esterilización. Las otras áreas de lavado, secado y cocina del HCLVV se mantienen conectadas actualmente a otro sistema de calentamiento de agua (ver anexo X)

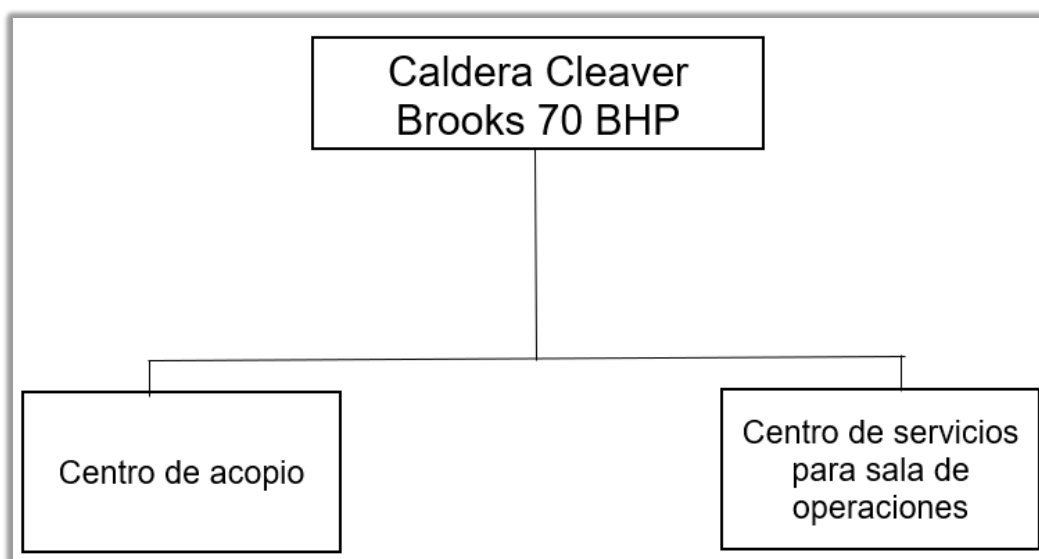


Figura 1.3. Diagrama proceso productivo de generación de vapor de agua para las áreas de esterilización del HCLVV. Fuente: elaboración propia.

1.2.1. Uso de la energía combustible gas LP para la generación de vapor de agua.

Etapa 1: Tratamiento de agua para tanque de condensados.

El método utilizado es intercambio ciclo iónico, ciclo sódico para la suavización del agua de alimentación a la caldera. Dicho intercambiador consiste en un tanque en el cual se encuentra un lecho rocoso llamado Zeolita, el cual realiza el cambio de sodio y magnesio en el agua dura.



Figura 1.4. Tratamiento de agua intercambio ciclo iónico ciclo sódico del HCLVV.

Fuente: Elaboración propia.

El retorno de condensados es compensado con el abastecimiento de agua suavizada, ambos tanques de 500 litros de capacidad.

Etapla 2: Tanque de condensados del sistema de vapor.

El retorno de condensados para este proceso sería el condensado de la tubería de transmisión, al estar únicamente conectado a las áreas de esterilización, estas mismas no producen retorno.



Figura 1.5. Tanque de retorno de condensados del sistema de vapor del HCLVV.

Fuente: Elaboración propia.

Por diferencial de presión no es necesario el colector de condensados, por lo tanto, un único tanque de retorno de condensados de capacidad de 1000 litros.

Etapla 3: Generación de vapor de agua mediante Caldera Cleaver Brooks.

El proceso de generación de vapor se produce en una caldera pirotubular categoría C con 4 pasos de gases, esta caldera fue modificada con una boquilla o quemador de gas lp y el año de fabricación es 1992.



Figura 1.6. Caldera Cleaver Brooks 70 BHP combustible gas LP del HCLVV.

Fuente: Elaboración propia.

Se mantiene habilitada la generación de vapor de agua para usuarios de las áreas de esterilización.

Etapla 4: Cabezal de distribución de vapor de agua

El proceso de distribución de vapor se tiene diseñado para 1500 kg/h a presión de 8 bar. En el punto de partida de la auditoría se tenía inhabilitados 3 de 4 áreas de consumo de vapor (no habilitadas las áreas de secado, lavado y cocina) dejando solamente el área de esterilización.

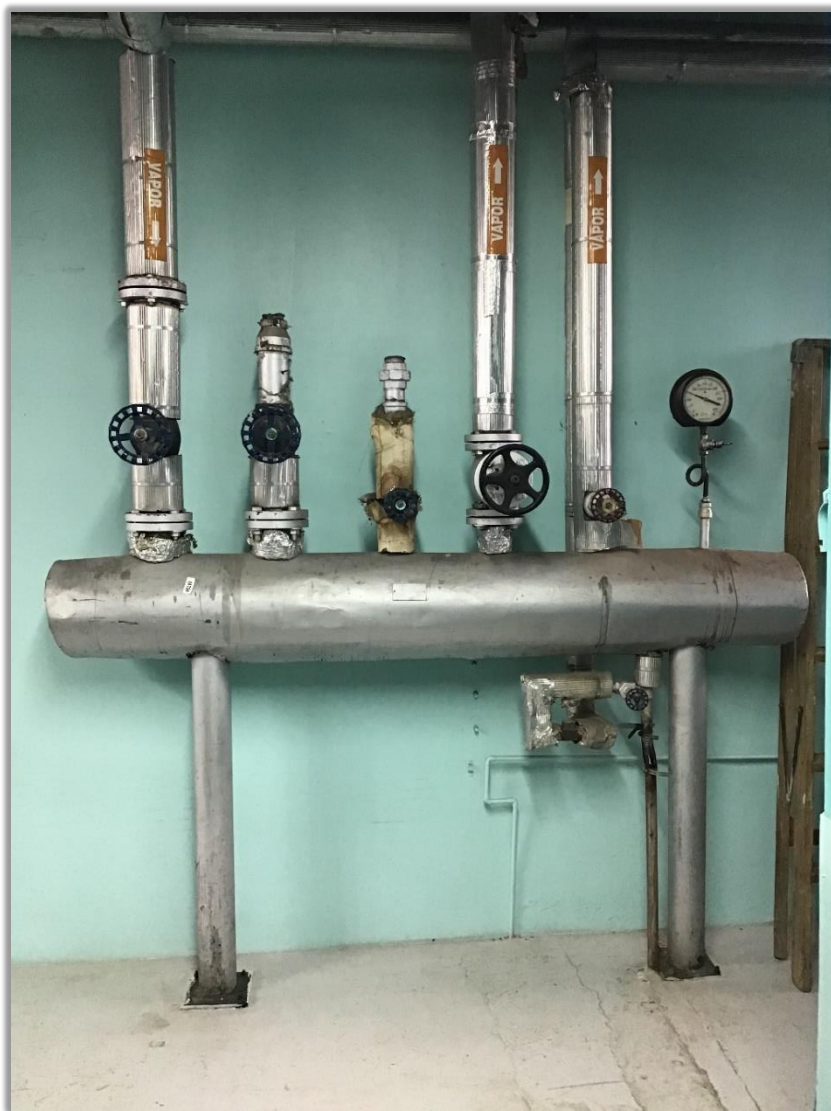


Figura 1.7. Manifold tubería de 100mm \varnothing para distribución de vapor de agua.

Fuente: Elaboración propia.

Etapla 5: Transmisión de vapor de agua áreas de esterilización.

El proceso de transmisión se observa el recorrido de la transmisión para proceder a justificar que presenta adecuada estructura de soportería y piernas colectoras en los puntos de elevación según el reglamento de calderas No 26789-MTSS.

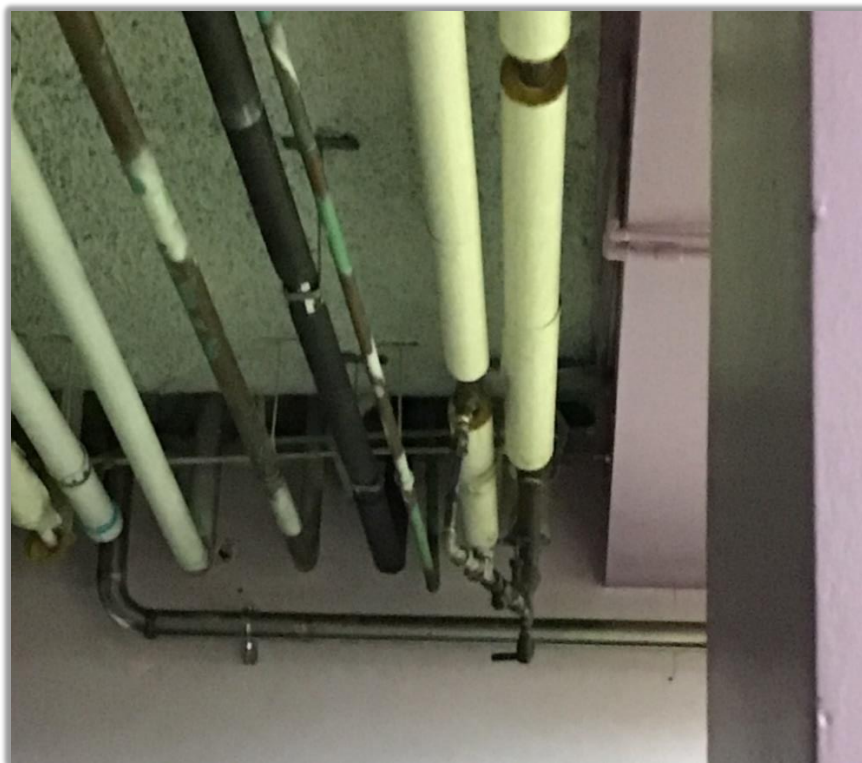


Figura 1.8. Transmisión de vapor de agua. Fuente: Elaboración propia.

1.3. Planteamiento del problema

1.3.1. Descripción del problema

El Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega es parte del compromiso país plan de energía Costa Rica 2015-2030 que se encuentra dentro de ingeniería y mantenimiento. *Fuente: CCSS, 2020.* En este caso se identifica dentro de las facilidades del hospital un *sistema de generación de energía térmica (BTU/h)* compuesto por: 1. calentadores de agua (intercambiadores de calor por energía gas LP) y 2. un sistema de generación de vapor basado en una Caldera Cleaver Brooks 70 BHP ($1094,8 \frac{kg}{h}$) con dos ramales de transmisión actualmente habilitados. Los ramales son el área de Centro de Acopio y Centro de Servicios (ver figura 1.9 y 1.10).

El *Centro de Acopio* cuenta con una autoclave modelo Yan Tan Min que tiene un consumo de $\sim 200.25 \text{ Kg de vapor de agua al día durante 5 ciclos}$ (promedio $14,28 \frac{kg}{h}$) de generación.

El área de *Centro de Servicios* cuenta con una autoclave modelo Matachana que tiene un consumo de $\sim 531.25 \text{ Kg de vapor de agua al día durante 5 ciclos}$ (promedio $37,94 \frac{kg}{h}$) de generación (Fuente: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega).



Figura 1.9. Autoclave YAN TAN MIN YTM-DSA7B. Fuente: Elaboración propia.



Figura 1.10. Autoclave MATACHANA Serie 1000. Fuente: Elaboración propia.

Para la caldera actualmente instalada, el desempeño energético en generación de vapor presenta una eficiencia menor a $\sim 25\%$.

Cabe destacar que en sistemas hospitalarios públicos (Fuente: CCSS, 2020) se debe de mantener redundancia en sus facilidades por disponibilidad (actualmente no existe redundancia en los sistemas de esterilización) por lo tanto la administración general exige al área de mantenimiento atender este sistema para actualizarse.

Se presentan los consumos mensuales para el desarrollo de los indicadores (sección 3 del proyecto) energéticos durante el período de auditoría, reporte de horas y costo según el valor de litro de gas lp.

Tabla 1.1. Costos según tipo de fuente energética desde enero 2020 hasta mayo 2020.

Sistema de Vapor	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Consumo de GAS LP (litros)	22 203	20 502	20 856	16 305	20 001
Horas de operación por caldera Cleaver Brooks (horas)	360,6	333,0	355,5	342,4	335,7
Costo Total (colones)	₡ 4 686 644,26	₡ 3 524 843,74	₡ 3 692 972,78	₡ 2 914 885,26	₡ 2 724 542,89

Fuente: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

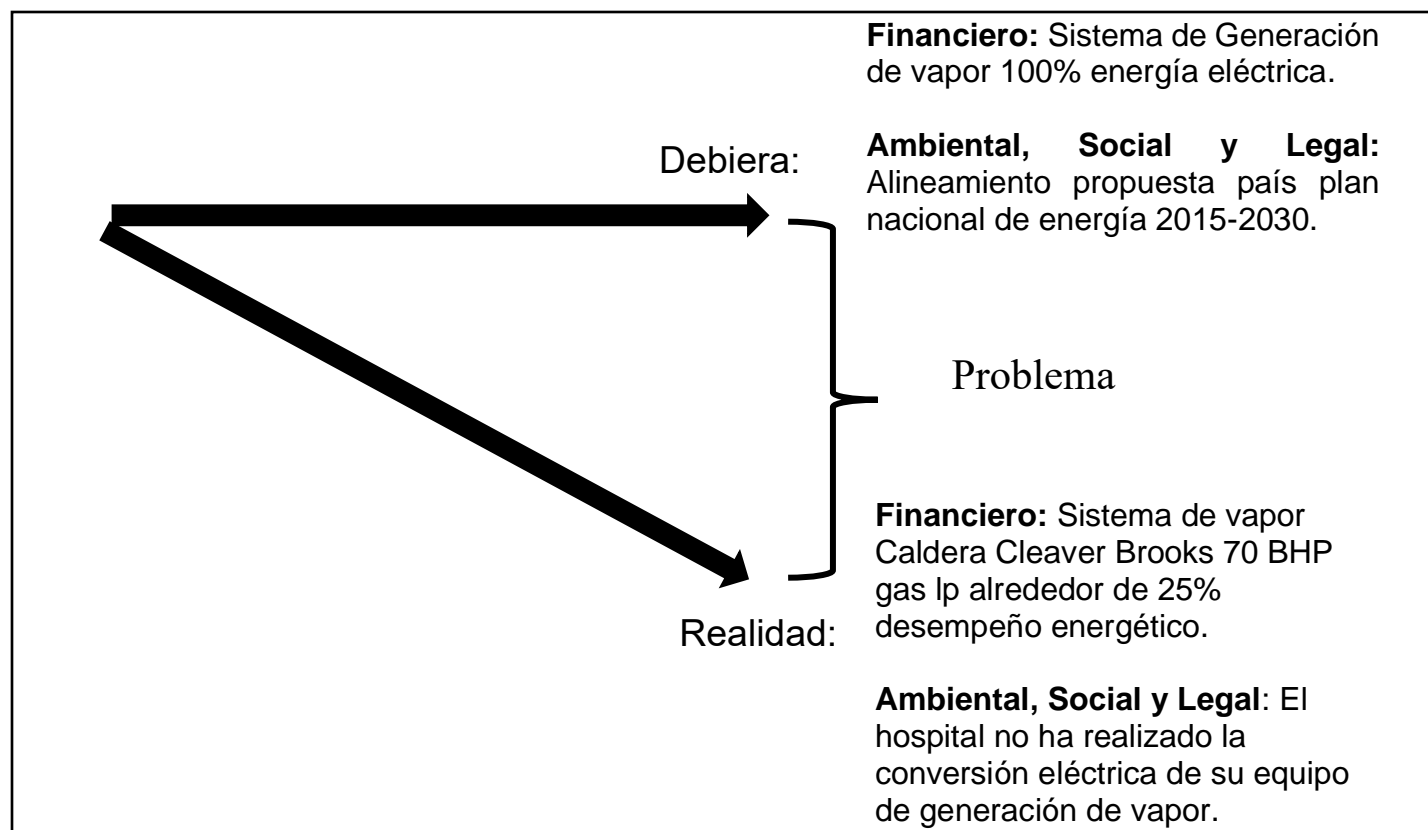


Figura 1.11. Desviación del problema en el área del sistema de generación de vapor de agua actual del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la población beneficiaria sectorial San Ramón de Alajuela del HCLVV se contabilizaron los siguientes datos:

Tabla 1.2. Población beneficiaria en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

Tipo de población objetivo	Cantidad de beneficiarios
Población laboral del centro o dependencia	750
Población adscrita	147 000
TOTAL	147 750

Fuente: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar la conversión eléctrica del sistema de generación de vapor para el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega para las áreas de esterilización mediante el plan nacional de energía 2015-2030 de Costa Rica.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar el consumo energético en forma de vapor de agua demandado por los equipos electromecánicos ubicados en las áreas de esterilización, para la obtención de información técnico-financiera, mediante una auditoría energética tipo 1 de acuerdo con la norma INTE/ISO 50002:2018.
- Estimar indicadores para la medición del desempeño energético del sistema de generación de vapor de agua, utilizando la norma ISO 50006:2018.
- Valorar las oportunidades de conservación de energía para la estimación de ahorros energéticos potenciales, mediante la norma INTE/ISO 50001:2018.

- Contabilizar los gases de efecto Invernadero para el cumplimiento del plan de nacional de energía 2015-2030.
- Desarrollar un análisis financiero del sistema de gestión de energía para la mejora de la competitividad desde la perspectiva energética, a través de un flujo de efectivo del proyecto.

1.5. Justificación

Realizar la gestión de la energía en función al plan de descarbonización 2030 de Costa Rica para el actual sistema de vapor del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega es importante, según la tabla 1.1, debido a que existe una posibilidad de sustituir los indicadores energéticos de consumo de gas lp y CO₂, por el uso solamente de kW/h gracias al uso de energías renovables para implementar.

De acuerdo con el Plan Nacional de Energía 2015-2030, en el subsector de electricidad, “con la meta nacional de carbono neutralidad es ahora más crítico el mantener y mejorar este logro nacional”.

Este proyecto también muestra gran importancia porque se alinea con uno de los ejes de la Estrategia de Transformación Digital hacia la Costa Rica de Bicentenario 4.0, el cual se conoce como “Transformación Empresarial 4.0” y busca facilitar los mecanismos para aumentar la productividad y la competitividad de las empresas en el contexto de la cuarta revolución industrial. Este eje va dirigido a impulsar la transformación del sector de salud pública costarricense mediante la implementación de tecnologías disruptivas.

También se basa en procedimientos y normas estandarizadas como la INTE/ISO 50001:2018, para optimizar el consumo de energía eléctrica y recursos de la empresa.

Siguiendo las declaraciones de carbono neutralidad bajo a norma INTE 12.01.06 se reflejó una guía para la declaración de los niveles de emisión empresariales de los cuales los niveles de emisiones por litro de gas lp son 1,665 kg CO₂/l.

1.6. Viabilidad

Se dispone de la infraestructura para implementar el proyecto en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega, así como personal capacitado para realizar los trabajos requeridos a lo largo del proyecto. Se dispone de recursos humanos como el estudiante con su conocimiento adquirido durante su formación, así como el de profesores expertos en temas de energía, mantenimiento y finanzas.

Este proyecto es legalmente viable de acuerdo con el marco legal establecido en el Decreto N° 41121-MINAE-H: “Lista oficial de bienes exonerables conforme al artículo 38 de la Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía, Ley N°7447 del 03 de noviembre de 1994 y sus reformas”.

Además, es técnicamente viable, debido a la aplicación de normas técnicas internacionales como la INTE/ISO 50001:2018 para la recolección de información y generación de indicadores pertinentes.

1.7. Metodología

Tabla 1.3. Metodología del proyecto.

OBJETIVO PLANTEADO	ACTIVIDADES	ENTREGABLES
1. Identificar el consumo energético en forma de vapor de agua demandado por los equipos electromecánicos ubicados en las áreas de esterilización, para la obtención de información técnico-financiera, mediante una auditoría energética tipo 1 de acuerdo con la norma INTE/ISO 50002:2018.	1.1. Establecer los objetivos de la auditoría.	Informe de auditoría.
	1.2. Establecer los alcances y limitaciones de la auditoría.	Informe de auditoría.
	1.3. Establecer las necesidades, expectativas, nivel de detalle y periodo de tiempo de la auditoría.	Informe de auditoría.
	1.4. Establecer el criterio de evaluación de oportunidades.	Informe de auditoría.
	1.5. Establecer los requerimientos técnicos de medición.	Informe de auditoría.
	1.6. Listar los equipos que se encuentran en el proceso de generación de vapor.	Listado de equipos de consumo y generación de vapor de agua, equipos que utilizan gas lp y electricidad.
	1.7. Medir el consumo eléctrico de los equipos autoclaves con generador propio.	Monitoreo de consumo eléctrico de los sistemas autoclaves.
	1.8. Analizar la estadística de datos obtenidos en el período solicitado de medición de consumo de gas lp en la Caldera Cleaver Brooks basados en el percentil 75.	Tabla de costos de consumo de gas lp mensuales del hospital en enero 2020 hasta mayo 2020.
2. Estimar indicadores para la medición del desempeño energético del sistema de generación de vapor de agua, utilizando la norma ISO 50006:2014.	2.1 Proponer los indicadores adecuados.	Tabla de Indicadores energéticos estimados de consumo de gas lp y kW/h.
	2.2 Calcular los indicadores.	
3. Identificar oportunidades de conservación de energía para la estimación de ahorros	3.1 Diseñar la instalación de los equipos seleccionados por el hospital.	Tabla de cotización y planos para la puesta de los equipos Autoclaves con generador propio.

OBJETIVO PLANTEADO	ACTIVIDADES	ENTREGABLES
energéticos potenciales, mediante la norma INTE/ISO 50001:2018.	3.2 Diseñar la instalación de la primera OCE seleccionada por el hospital.	Tabla de cotización y planos para la puesta en marcha de los equipos colectores térmicos solares.
	3.3 Plantear la instalación de la segunda OCE no seleccionada por el hospital.	Tabla de cotización y planos para la puesta en marcha de la caldera eléctrica.
4. Contabilizar los gases de efecto Invernadero para el cumplimiento del plan nacional de energía 2015-2030.	4.1 Identificar la reducción de gases de efecto invernadero al realizar la conversión eléctrica seleccionada por el hospital.	Tabla de reducción de gases de efecto invernadero CO ₂ por emisión directa en el HCLVV.
5. Desarrollar un análisis económico del sistema de gestión de energía para la mejora de la competitividad desde la perspectiva energética, a través de un flujo de efectivo del proyecto.	5.1 Estimar el costo de la instalación de los equipos seleccionados por el hospital (Autoclaves con generador propio) junto con el sistema de gestión de energía.	Flujo de efectivo del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

1.8. Alcance

El alcance de este proyecto es correlacional, cuya finalidad es predecir relaciones y para eso se buscan las variables de consumo de gas LP y CO₂ en relación con el uso de kW/h para la generación de vapor de agua.

Se busca establecer un modelo de gestión de energía eléctrica para la línea de producción de vapor de agua para las áreas de esterilización del hospital. Con el fin de generar un cambio cultural de la organización acerca de la optimización de la energía, así como las fuentes de energía renovable y el mantenimiento. También, genera mantenerse dentro de la Red Global de Hospitales Verdes y Saludables, la cual se puede explotar desde un punto de vista de buenas prácticas hospitalarias de la CCSS. Aparte se puede buscar el financiamiento de proyecto sustentables aplicando a “bonos verdes” según financiamiento del fondo forestal. Por otra parte, se crean líneas base de indicadores de rendimiento para la mejora constante de la empresa. Finalmente, se busca reducir los costos por consumo de factura petrolera y economía circular de energía eléctrica, lo máximo posible.

Este proyecto no incluye el diseño del modelo de gestión de mantenimiento del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

1.9. Limitaciones

Este proyecto requiere de la adquisición de datos de variables de consumo de gas LP, variables eléctricas y la generación máxima de calor sensible en agua (energía renovable) para obtener los indicadores base de rendimiento energético.

Se mantuvieron limitaciones de visitas en el hospital por el período de crisis sanitaria en el país (virus covid-19) y disponibilidad de personal al momento de realizar la participación del servidor, por lo que el proyecto en su mayor parte fue trabajo remoto y pocas visitas al centro de salud.

Además, se requiere del uso de normas técnicas ISO las cuales son utilizadas como referencia, sin embargo, la aplicación de la propuesta de gestión de energía requiere la adquisición de dichas normativas por parte del hospital.

Capítulo 2 Marco Teórico

2.1. Gestión energética

La gestión de la energía se define como la suma de todas las mediciones y actividades que se han planeado y ejecutado con el fin de reducir el consumo de energía de una industria o institución (Fiedler y Mircea, 2012).

2.2. Sistemas de gestión de la energía

Un sistema de gestión de energía es un instrumento para adquirir información y datos relevantes, sistematizadamente, de energía. Este instrumento sirve como base para la mejora de la eficiencia energética. Los resultados, a largo plazo, de la implementación de sistemas de gestión de energía son, principalmente, la reducción de costos por energía y procesos productivos más eficientes (Fiedler y Mircea, 2012).

2.3. Implementación de sistemas de gestión de energía norma ISO 50001

La implementación de un sistema de gestión de energía basado en la norma ISO 50001, requiere del total compromiso de la alta gerencia. Donde se debe establecer los flujos de energía y las responsabilidades del personal de manera departamental (Szajdzicki, 2017).

Al responder las siguientes 5 preguntas, la organización tendrá una perspectiva acerca de la importancia de la energía en la operación de sus procesos productivos.

- ¿Por qué se usa tanta energía?
- ¿Qué se hace con la energía?
- ¿Quién utiliza qué?
- ¿Dónde se utiliza?
- ¿Cuándo se utiliza?

El objetivo primordial es discernir los consumos de energía por sectores para que estos estén atentos a sus requerimientos (Szajdzicki, 2017).

Los sistemas de gestión de energía – Requisitos con orientación para su uso propuesto por la norma del Instituto Costarricense de Normas Técnicas (INTECO, 2018) establece un ciclo de cuatro etapas. Estas son:

1. Planificación: Desde un punto de vista estratégico la organización debe planificar las acciones para abordar los riesgos y oportunidades, desde el punto de vista táctico se debe realizar la revisión energética de la empresa. De acuerdo con la política energética de la empresa.
2. Apoyo y operación: Implementar los planes requeridos para gestionar la energía, mediante los recursos y las responsabilidades establecidos anteriormente.
3. Evaluación del desempeño: En este apartado se pone en práctica el plan de recolección de datos y la evaluación de la mejora del desempeño energético.
4. Mejora: En este apartado se busca la mejora del desempeño energético, por ejemplo, la reducción del consumo de energía normalizada y el progreso hacia las metas energéticas.

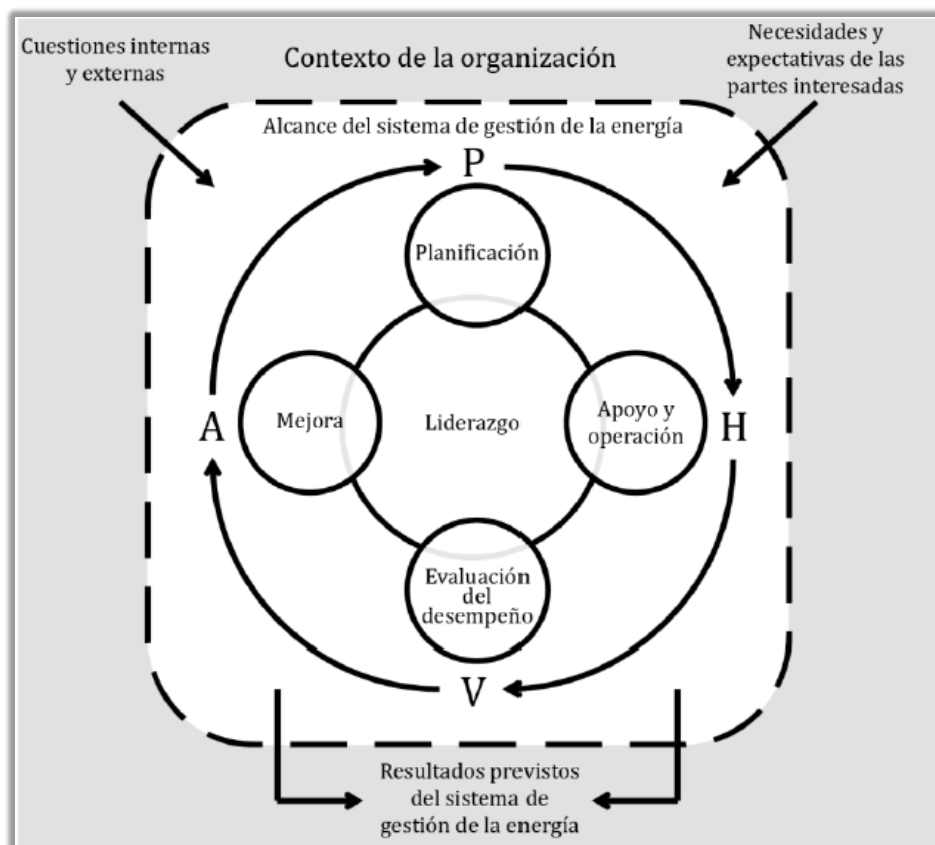


Figura 2.1. Sistema de gestión de la energía. Fuente: INTECO 2018.

Para asegurar una mejora continua se requiere monitorear el consumo de energía de los sistemas de esterilización. La industria 4.0 permite este tipo de monitoreo debido a que las plantas están equipadas con los sensores requeridos para dar el seguimiento del consumo de la energía (Javied, Bakakeu y Gessinger, 2018).

De acuerdo con Javied et al. (2018) los datos obtenidos de las mediciones de energía deben seguir un flujo determinado para realizar el monitoreo, desde un punto de vista de la industria 4.0. A continuación se muestra el proceso de adquisición y visualización de datos.

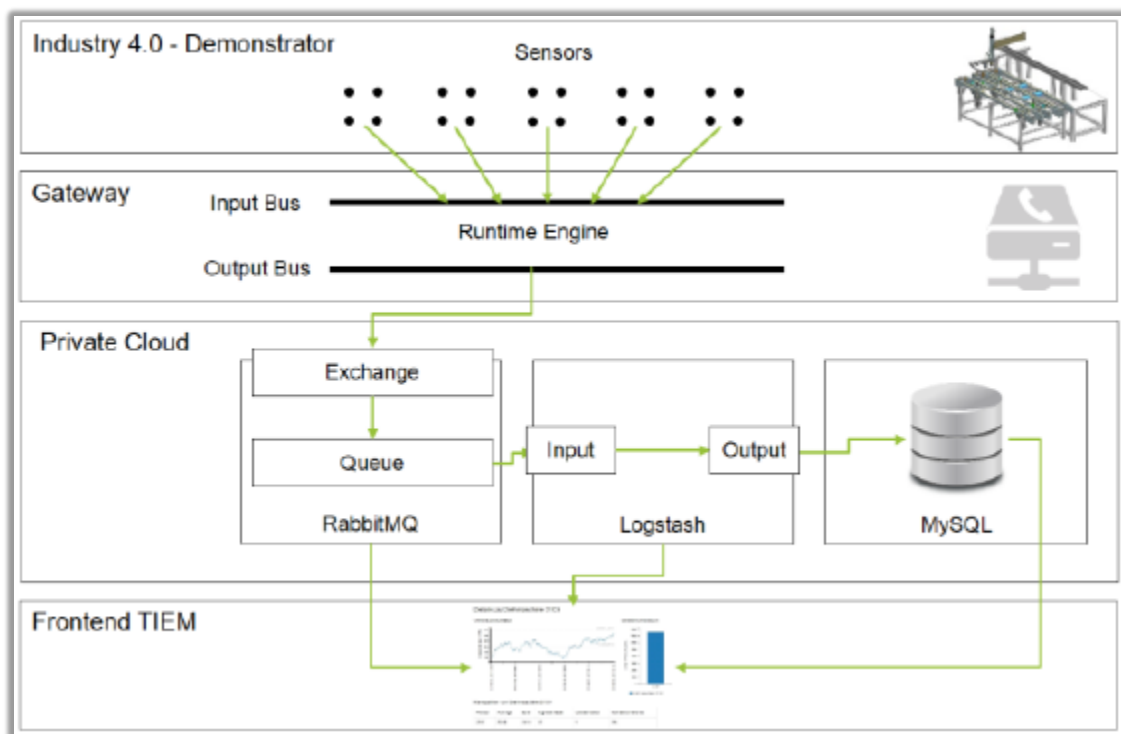


Figura 2.2. Estructura de adquisición de datos de energía hasta su análisis. Fuente: Javied et al. (2018).

2.4. Consumo de energía eléctrica

Consumo de energía eléctrica se refiere al uso de la energía eléctrica por parte de las cargas presentes en el sistema de potencia y se mide en kilowatt hora (kWh) (Blume, 2017).

2.5. Auditoría energética

La auditoría energética es un proceso sistemático que analiza los usos y consumos de energía en una organización, con el fin de identificar, cuantificar e informar oportunidades de mejora de desempeño energético (INTECO, 2018).

Existen varios tipos de auditoría energética, a continuación, se presentan los detalles de estos, de acuerdo con la norma INTE/ISO 50002:2018 (INTECO, 2018).

Tabla 2.1. Detalle de los tipos de auditoría según la norma INTE/ISO 50002:2018.

Tipo de auditoría	1	2	3
Aplicación típica	Instalaciones/procesos o flotas. Adecuada para: - auditoría energética de pequeñas organizaciones o instalaciones; o - auditoría preliminar para grandes organizaciones o instalaciones.	Único emplazamiento/proceso o flota. Auditoría de energía detallada. Generalmente no rentable para organizaciones con presupuestos bajos de energía	Todo el emplazamiento, proceso, sistema o flota. Auditoría energética exhaustiva con aportes significativos de la organización. Por lo general sólo rentable para organizaciones con alto gasto de energía o instituciones con metas de subsidios para inversiones de capital. También aplicables a nivel de sistemas (por ejemplo, aire comprimido).
Necesidad cubierta del negocio	Indicación de potenciales de ahorros y beneficios que podrían resultar al realizar investigaciones más detalladas, tales como auditorías energéticas del Tipo 2 o Tipo 3. Identificación de las áreas en las cuales enfocar los recursos de la gestión de la energía. Toma de conciencia mejorada de los costos de la energía y de los	Identificación y evaluación de un rango de oportunidades coherentes y específicas con costos y beneficios cuantificados. Identificación de oportunidades para investigaciones adicionales o más detalladas. Los auditores deberían tener habilidades y experiencia técnica, de gestión y profesional apropiadas, y	Identificación y evaluación de un rango coherente y específico de oportunidades de mejora del desempeño energético con costos y beneficios identificados, incluyendo la cuantificación de beneficios no energéticos. Los auditores deberían tener experiencia y habilidades técnicas, de gestión y

Tipo de auditoría	1	2	3
	<p>potenciales beneficios de la gestión de la energía.</p>	<p>familiaridad con los usos de la energía que están siendo auditados. Los auditores con habilidad profesional y pericia apropiadas, analizan los datos de energía y de procesos para identificar y evaluar las oportunidades.</p>	<p>profesionales, y familiaridad con el uso de la energía específica que se audita, para analizar los datos de energía y procesos detallados para identificar y evaluar las oportunidades. Oportunidades de investigación más detallada. Consideración de las estrategias de negocio en la auditoría.</p>
Recopilación de datos	<p>Formación técnica básica o formación básica en ingeniería con una comprensión general de las fuentes y sistemas energéticos. Datos de energía de la instalación, incluyendo indicadores de combustible Gas LP, KWh y perfiles de carga diaria en esterilización (cuando estén disponibles). Datos apropiados sobre las variables pertinentes (por ejemplo, datos de producción, datos de ocupación) para establecer IDEns a nivel general. Listas de equipos del emplazamiento para incluir datos de energía de la placa de identificación, descripción de equipos, esquemas de operación, factores de ocupación y estimación de los factores de carga.</p>	<p>Datos generales de energía, incluyendo los perfiles de carga diarios. Datos apropiados sobre variables pertinentes (por ejemplo, datos de producción, datos de ocupación), para establecer IDEns a nivel general para los usos de energía significativos. Datos de los submedidores. Uso completo de los datos de emplazamiento disponibles. No es necesario que el auditor tome mediciones adicionales como parte de la auditoría, a menos que éstas se requieran para cumplir requisitos del alcance de la auditoría. Los datos de energía y la información para recopilar en la auditoría podrían incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> – datos detallados sobre sistemas, procesos y equipos que consumen energía, incluyendo variables pertinentes conocidas; 	<p>Perfil operativo o de carga del sito o la flota. Variables apropiadas pertinentes (por ejemplo, datos de producción, datos de ocupación) para establecer IDEns a nivel general para los usos significativos de la energía. Datos de los submedidores, evaluados por el nivel de perfil de carga para medidores significativos. Datos de consumo de energía para procesos, sistemas y equipos clave del emplazamiento. Uso completo de los datos disponibles del emplazamiento, incluyendo datos del intervalo medido; se debería considerar la instalación de submedidores adicionales para el seguimiento o realizar ejercicios de registro específicos.</p>

Tipo de auditoría	1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> – configuración de equipos de seguimiento y análisis de la información; – documentos de diseño, operación y mantenimiento; – auditorías energéticas o estudios previos relacionados con la energía y el desempeño energético; – planes futuros que afectan el uso de la energía; – datos de producción y de procesos para evaluación del desempeño. 	<p>Los datos se deberían recopilar durante un período de tiempo suficiente para tomar en cuenta el rango de valores esperado para las variables pertinentes y las demandas del sistema. Los datos de energía y la información para analizar en la auditoría podrían incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> – datos detallados sobre sistemas, procesos y equipos que consumen energía, incluyendo las variables pertinentes conocidas; – configuración de equipos de seguimiento y análisis de la información; – documentos de diseño, operación y mantenimiento; – auditorías energéticas o estudios previos, relacionados con la energía y el desempeño energético; – planes futuros que afecten el uso de la energía; – información sobre cómo gestiona la organización su desempeño energético; – cotizaciones del proveedor para las oportunidades de mejora.
Análisis	Los datos del proceso anterior para la conversión energética (Gas LP y CO ₂) comparados con los nuevos indicadores de generación de vapor (KWh y CO ₂).	Análisis de los datos de energía actuales e históricos. IDEns a nivel de planta, flota, sistema, proceso o equipos para el análisis de oportunidades	Análisis de los datos de energía actuales e históricos IDEns a nivel de planta, flota, sistema, proceso o equipos para los usos significativos de la energía.

Tipo de auditoría	1	2	3
	<p>Uso de la energía, datos de equipos para preparar el balance preliminar de energía e identificar los usos significativos de la energía (USEs). Revisión de alto nivel de los perfiles de consumo (autoclaves) para identificar formas de ahorro energético. Comparación con puntos de referencia disponibles para identificar altos consumidores de energía o ineficiencias.</p>	<p>específicas, donde sea aplicable. Balance energético detallado, comparado con los datos de submediciones a nivel anual y de perfil, incluidas las variaciones estacionales o de producción, según corresponda. Balance de masa para equipos, sistemas y/o procesos que incluyan flujos significativos de productos que influyen en el consumo de energía, o análisis equivalente de energía y flujos de materiales. Balances utilizados para establecer el desempeño actual y el potencial de mejora. Evaluación de las opciones de diseño y configuración para cubrir las necesidades del sistema. Evaluación de las mejoras del desempeño energético asociados con cambios de equipos, sistemas o procesos.</p>	<p>Balance energético detallado, comparados con los datos de submediciones, usando datos de una frecuencia suficiente para capturar variaciones en el desempeño. Balance de masa para procesos que incluyan flujos significativos de producto que influyen en el consumo de energía (o análisis equivalente de energía y flujos de materiales). Evaluación de las opciones de diseño y configuración para cubrir las necesidades del sistema. Aplicación de un rango de métodos de análisis para explorar las relaciones entre el consumo de energía y las variables pertinentes. Recomendaciones para datos/investigaciones adicionales para mejorar la exactitud de los datos.</p>
Identificación de oportunidades	<p>Hacer un recorrido para inspeccionar visualmente los usos de la energía. Identificar y cuantificar oportunidades de mejora del desempeño energético de bajo costo y fácilmente identificables.</p>	<p>Uno o más estudios para identificar medidas de ahorro de energía en el emplazamiento, puede(n) satisfacer los requisitos de la auditoría. Identificación de un conjunto de mejoras del desempeño energético específicas e</p>	<p>Uno o más estudios para identificar medidas de ahorro de energía en el emplazamiento, puede(n) satisfacer los requisitos de la auditoría. La cuantificación de un rango de oportunidades de</p>

Tipo de auditoría	1	2	3
	<p>Identificación de más oportunidades de mejora del desempeño energético de capital intensivo en un nivel genérico, pero que no se han materializado en una resolución técnica.</p>	<p>implementables, incluyendo acciones a corto, mediano y largo plazo, con ahorros energéticos comparados frente al balance energético detallado. Todas, o la mayoría, de las oportunidades de mejora del desempeño energético proporcionadas con costos y beneficios, incluyendo indicaciones de beneficios no energéticos (por ejemplo, ahorros en mantenimiento, mejora en seguridad o reducción del impacto ambiental). NOTA Los beneficios no energéticos podrían no siempre ser cuantificables dentro del alcance de la auditoría. La identificación de las oportunidades de mejora del desempeño energético donde serían necesarios datos/investigaciones adicionales, para mejorar o clarificar las medidas. Se podría proporcionar a la organización una lista borrador de las oportunidades a revisar, con el fin de confirmar la viabilidad o idoneidad de las oportunidades propuestas antes del análisis/investigación detallada. Comparación frente a puntos de referencia.</p>	<p>mejora del desempeño energético específicas e implementables, incluyendo acciones a corto, mediano y largo plazo (si es requerido), con ahorros energéticos comparados frente al balance energético detallado. La identificación de las oportunidades de mejora del desempeño energético donde son requeridos datos/investigaciones adicionales, para mejorar la exactitud de los datos o evaluación. Presentación a la organización de una lista borrador de las oportunidades para discusión, con el fin de confirmar la viabilidad de las oportunidades antes del análisis/investigación detallada. Otros análisis, enfoques técnicos o experimentales (por ejemplo, ingeniería, ensayos de vehículos, estudios piloto, enfoques logísticos, simulaciones computacionales, encuestas ultrasónicas o imágenes termográficas) se pueden usar para comprender plenamente el consumo de energía. Discusión con vendedores para identificar o verificar las últimas tecnologías para mejoras del desempeño energético.</p>

Tipo de auditoría	1	2	3
Evaluación de oportunidades	<p>Ahorros indicativos o típicos calculados, usando reglas comunes comparadas con la línea base energética, costo del consumo de agua, por ejemplo. Nominación de períodos típicos de retorno de la inversión. Señalar las etapas requeridas para generar IDEs específicos que se pueden implementar.</p>	<p>Ahorros calculados utilizando oportunidades de mejora de desempeño energético específicas de tecnología comparadas con el balance energético detallado. Costos con base en la composición de elementos de capital y trabajo usando reglas de experiencia, costos estandarizados o información del proveedor fácilmente disponible. No se requieren cotizaciones del proveedor. La presentación del análisis económico acordado típicamente incluye periodo de retorno de la inversión simple, pero puede incluir métodos tales como tasa interna de retorno (TIR) o valor actual neto (VAN).</p>	<p>Ahorros calculados utilizando oportunidades de mejora del desempeño energético específicas de tecnología comparadas con el balance energético detallado y teniendo en cuenta las interacciones del sistema. Costos calculados con base en la composición de elementos de capital y trabajo, al nivel de precisión requerido por el proceso de gasto de capital existente de la compañía. NOTA La organización podría necesitar ayudar al auditor con los datos de costo. Todas las oportunidades de mejora del desempeño energético proporcionadas con costos y beneficios, incluyendo los beneficios “no-energético”. La presentación del análisis económico acordado típicamente incluye como mínimo TIR o VAN con periodo de retorno de la inversión simple, para proporcionar entradas al proceso de gasto de capital de la organización.</p>
Salidas	<p>Identificación y evaluación básica de oportunidades de bajo costo que se pueden implementar fácilmente. Comprensión del consumo de energía a nivel de emplazamiento, sistema, proceso o flota.</p>	<p>Comprensión detallada del consumo y uso de la energía. Comprensión de la contribución relativa de cada fuente de energía del emplazamiento, costos unitarios</p>	<p>Comprensión detallada del consumo y del uso de la energía. Identificación y análisis de las oportunidades de ahorro energético, incluyendo aquellas sin costo, de bajo costo y medidas de inversión</p>

Tipo de auditoría	1	2	3
	<p>Toma de conciencia mejorada de la contribución relativa de cada fuente de energía, costos promedios unitarios de cada fuente y los beneficios potenciales de gestionar la energía. Determinación de la extensión de más oportunidades de capital intensivo.</p>	<p>promedio y marginales para cada fuente. Identificación y evaluación básica de las oportunidades de bajo costo que se pueden implementar fácilmente. Determinación y análisis, incluyendo el cálculo exhaustivo de ahorros y costos preliminares de inversión, para las medidas de capital. Compilación de datos para propósitos de la revisión energética/seguimiento. Perfil operacional y balance detallado de la energía.</p>	<p>de capital incluyendo beneficios energéticos y no energéticos, diseños preliminares de equipos o mejoras del proceso y requisitos de costos detallados. Datos para propósitos de revisión energética. Examinación de los sistemas de medición y recomendaciones para cubrir vacíos de datos.</p>

Fuente: INTECO 2018.

2.6. Tratamientos de aguas de alimentación de la caldera.

El agua que se suministra a las calderas busca cumplir con características químicas en función a las buenas prácticas de generación de un vapor limpio y seco para su función específica. A continuación, se extrae del Folleto capítulo 6 – Tratamientos de aguas - Calderas Ing. Alberto Garro, TEC, 2011.

Definiciones importantes:

2.6.1. PH del agua (acidez o alcalinidad)

Es una medida que indica el grado de acidez o alcalinidad del agua o solución. La escala de acidez PH es de 0 a 14. Una solución con PH menor a 7 se denomina ácida, una solución con PH mayor a 7 se le denomina alcalina y una solución con PH igual a 7 será neutra.

La alcalinidad debe ser lo suficiente alta para evitar la corrosión por acidez y suficientemente baja para evitar la contaminación del vapor.

2.6.2. Incrustación

El agua contiene sustancias disueltas y en suspensión, al fluir dentro de la caldera y conforme el vapor se va produciendo estas sustancias e impurezas quedan en el interior de la caldera. Al calentarse el agua hasta que se vaporiza bajo la presión de trabajo se van depositando o precipitando las impurezas, finalmente las sustancias difícilmente solubles quedan en las paredes de los tubos y domos en forma de incrustaciones.



Figura 2.3. Incrustación en tubos de caldera Piro tubular. Fuente: Macasa Costa Rica.

2.6.3. Dureza del agua

Cuando el agua contiene sales de calcio y magnesio se dice que el agua tiene dureza. La dureza del agua es uno de los componentes más perjudiciales para la buena operación de una caldera debido a que el calcio y el magnesio producen incrustaciones difíciles de remover. La dureza admisible en el agua de reposición de una caldera es 0 ppm ($1\text{ ppm} = 1\text{ mg/L}$).

2.6.4. Espumeo y arrastre

El espumeo se refiere a la condición en la operación de una caldera en la que se produce espuma constantemente, puede o no ser acompañada por el arrastre del agua. El vapor húmedo indica una operación defectuosa en una caldera. Los arrastres de agua pueden ser muy destructivos para tuberías, motores o máquinas. El arrastre puede ser producido por otros factores además del espumeo, como, por ejemplo, tener un nivel de agua muy alto, un área de salida muy reducida o una demanda de vapor irregular.

2.6.5. La corrosión

Esta es producida por el oxígeno y bióxido de carbono disuelto en el agua. El oxígeno disuelto en el agua de una caldera ataca al hierro formando óxido de hierro.

2.6.6. Tipos de tratamiento

El tratamiento del agua de alimentación a la caldera se puede dividir en dos grandes grupos. Dependiendo de la calidad del agua de alimentación será necesario aplicar uno o varios de los procesos que a continuación se detallan.

2.6.6.1. Tratamiento externo

Existen gran variedad de tratamientos externos para el agua de una caldera, los más conocidos son:

- a. Filtración
- b. Sedimentación
- c. Coagulación
- d. Suavización
- e. Desaireación
- f. Tratamiento de condensados

- Filtración:

Se da al paso del agua a través de material filtrante contenido en tanques, el cual retiene las partículas sólidas que se encuentran en suspensión. Para la filtración de agua casi todos los filtros son de un diseño que emplea material granular como medio filtrante tal como la arena fina. La limpieza de los filtros cuando están saturados de impurezas se efectúa principalmente por lavado en contracorriente.

- Sedimentación:

Consiste en la precipitación de la mayor parte de los sólidos que trae el agua en suspensión. La operación tiene lugar en grandes tanques de sedimentación, en los que circula el agua a baja velocidad, para que haya tiempo de que la mayor parte de las partículas sólidas se precipiten al fondo.

- Coagulación:

Cuando las partículas sólidas son tan pequeñas, que no pueden ser retenidas por el material filtrante, o tardarían mucho tiempo en sedimentarse, se agregan sustancias coagulantes al agua con el fin de agrupar las partículas pequeñas (fóculos) para facilitar la filtración y la sedimentación.

- Suavización:

Cuando existen sales de calcio y/o magnesio disueltas en el agua se dice que el agua tiene dureza o comúnmente se le denomina “agua dura”. El proceso mediante el cual se lleva a cabo la eliminación o reducción de esta dureza se llama suavización. Existen varios métodos para suavizar el agua a continuación se detallan los más usados:

- Intercambio ciclo iónico ciclo sódico

Existe un proceso frecuentemente usado para la suavización del agua de alimentación a calderas que es por intercambio ciclo iónico ciclo sódico, el cual es

utilizado, debido a sus facultades y bajo costo de operación. Dicho intercambiador consiste en un tanque en el cual se encuentra un lecho rocoso llamado Zeolita, cuando el agua dura pasa a través de este lecho rocoso intercambia el calcio y magnesio que son los que producen la dureza del agua por sodio, formando compuestos que no son perjudiciales para la caldera y que pueden ser extraídos a través de las purgas de la caldera.

Cuando el lecho de Zeolita se satura de calcio y magnesio el ablandador debe ser regenerado, esto se lleva a cabo haciendo un retro lavado con una solución de sal común o soda cáustica que elimina el calcio y magnesio combinándolos por sodio. Luego de un lavado del exceso de sal la unidad queda lista para ablandar otra cantidad igual al agua dura. Esta regeneración toma alrededor de 20 minutos para llevarse a cabo.

- Proceso de cal sodada en frío

La principal ventaja de este proceso es que reduce la dureza a cantidades relativamente pequeñas (17 ppm) reduciendo el contenido de sólidos totales y la alcalinidad, aumentando el valor de PH y operando con agua fría.

- Intercambio ciclo iónico ciclo hidrógeno

En el proceso de intercambio ciclo iónico ciclo hidrógeno, el magnesio y calcio son intercambiados por hidrógeno. Para llevarse a cabo lo anterior se utiliza un ácido mineral. Los ácidos más comúnmente usados son el sulfúrico (H_2SO_4) y el clorhídrico (HCl).

- Desaireación

La desaireación es empleada para eliminar o reducir gases incondensables disueltos en el agua tales como oxígeno y el dióxido de carbono. Para este efecto se utilizan tanques desaireadores donde se agregan químicos los cuales se encargan de eliminar dichos gases.

- Tratamiento de condensados

Los condensados son prácticamente agua destilada que usualmente sólo contienen pequeñas cantidades de material mineral la que varía desde algunas ppm, hasta aproximadamente 20ppm. El contenido de dureza puede variar desde cero hasta 15 ppm. También puede estar presente cierta cantidad de bióxido de carbono, así como oxígeno disuelto los que pueden ser eliminados por desaireación según convenga o bien con sulfito de sodio.

2.6.6.2. Tratamiento interno

El tratamiento interno es utilizado para contrarrestar:

- a. Pequeñas cantidades de dureza resultantes del tratamiento externo o introducidas en el retorno de condensados.
- b. La tendencia corrosiva del agua por medio de compuestos especiales para caldera.

- Tratamientos con fosfatos:

Como ya se indicó los condensados pueden introducir pequeñas cantidades de dureza a la caldera. Un fosfato soluble añadido al agua en cantidad suficiente para precipitar la dureza y mantener un exceso, reaccionará con la dureza precipitándola en una forma no adherible, evitando así la formación de depósitos. Se establece un exceso de fosfatos en la caldera en el rango satisfactorio de (30-60) ppm.

- Tratamiento del oxígeno disuelto:

La corrosión dentro de una caldera de vapor debe generalmente al oxígeno disuelto presente en el agua, el cual ataca a los tubos y superficies interiores de la misma. Una forma de eliminar oxígeno disuelto generalmente aceptada es añadiendo sulfito de sodio a la caldera, que reacciona con el oxígeno, produciendo

sulfato de sodio, el cual no provoca corrosión. Se requiere un residual del sulfitos de (20-40) ppm.

2.6.7. Purgas

2.6.7.1. Purga intermitente

Consiste en purgar simplemente abriendo una válvula de purga al drenaje, efectuando esta operación en forma periódica. Por lo general el calor que contiene el agua se desperdicia. Las purgas intermitentes conducen a salinidades variables en la caldera y en consecuencia a una operación no uniforme. Es importante un control efectivo en la cantidad de purgas y en el número de veces en que resulte recomendable purgar.

2.6.7.2. Purga continua

La purga continua se lleva a efecto eliminado continuamente una pequeña cantidad de agua de la caldera a un flujo controlado de manera de mantener una concentración constante en la caldera. Esta purga se puede pasar a través de un intercambiador de calor que lleva este condensado. Las purgas continuas deben ser siempre de nivel.

En el tambor de vapor normalmente se dispone un tubo con varios huecos que termina en una válvula externa de control manual, a esta generalmente se une el sistema de purga continua.

2.7. Sistemas de vapor caldera de combustible fósil

2.7.1. Definiciones importantes:

- Caldera

Una caldera consiste en un recipiente que contiene agua que se transforma en vapor por la aplicación de calor. Para llevar a la práctica esta función básica, los diseñadores han concebido innumerables configuraciones y variaciones, esencialmente hay dos tipos generales de caldera: pirotubulares (o de tubos de fuego) y acuotubulares (o de tubos de agua). En cada caso, sin embargo, la función de la caldera es transferir el calor de los gases de combustión al agua alimentada para llevarla al punto de ebullición a una presión de operación determinada. Fuente: Folleto Calderas, Ing. Alberto Garro, TEC, 2011.

- Cámara de agua

El espacio que ocupa el agua en el interior de la caldera. La línea del nivel de agua se fija generalmente en un punto localizado a no menos de 5 cm arriba del borde de la hilera superior de fluses. El espacio comprendido arriba del nivel de agua es llamado cámara de vapor.

- Cámara de vapor

Es el espacio ocupado por el vapor en el interior de la caldera, en ella debe separarse el vapor del agua que lleve una suspensión. Cuanto más variable sea el consumo de vapor, tanto mayor debe ser el volumen de esta cámara, de manera que aumente también la distancia entre el nivel del agua y la toma de vapor.

2.7.2. Clasificación de las calderas

Para la implementación de un sistema de vapor se deben de tomar diferentes características para la generación de vapor, desde la disposición de los fluidos, transmisión de calor y combustible utilizado, a continuación, una tabla tomada de

Servitec, donde muestra las categorías de las calderas según sus características operativas.

SEGÚN	A	B	C	D	E
LA DISPOSICIÓN DE LOS FLUIDOS	CALDERAS DE TUBOS DE AGUA (ACUOTUBULARES)	CALDERAS DE TUBOS DE HUMO (PIROTUBULARES)			
LA TRANSMISIÓN DEL CALOR	CALDERAS DE CONVECCIÓN	CALDERAS DE RADIACIÓN	CALDERAS DE RADIACIÓN Y CONVECCIÓN		
EL COMBUSTIBLE UTILIZADO	CALDERAS DE CARBÓN (PARRILLA MECÁNICA O CARBÓN PULVERIZADO)	CALDERAS DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS	CALDERAS DE COMBUSTIBLES GASEOSOS	CALDERAS PARA COMBUSTIBLES ESPECIALES (LICOR NEGRO, BAGAZO, DESPERDICIOS DE MADERAS, COMBUSTIBLES VEGETALES, ETCÉTERA).	CALDERAS DE RECUPERACIÓN DE CALOR DE GASES (CON O SIN COMBUSTIBLE ADICIONAL).
EL TIRO	CALDERAS DE HOGAR PRESURIZADO	CALDERAS DE HOGAR EQUILIBRADO			
EL SISTEMA DE APOYO EMPLEADO	CALDERAS APOYADAS	CALDERAS SUSPENDIDAS			
SEGÚN SU IMPLANTACIÓN	CALDERAS TERRESTRES.	CALDERAS MARINAS			
SU UBICACIÓN	CALDERAS DE INTERIOR	CALDERAS PROTEGIDAS CONTRA INTemperIE			
SU OPERACIÓN	CALDERAS AUTOMÁTICAS	CALDERAS SEMIAUTOMÁTICAS (AUTOMÁTICAS DE ENCENDIDO MANUAL).	CALDERAS DE OPERACIÓN MANUAL		
CIRCULACIÓN DE LOS FLUIDOS	CALDERAS DE CIRCULACIÓN NATURAL.	CALDERAS DE CIRCULACIÓN ASISTIDA.	CALDERAS DE CIRCULACIÓN FORZADA.		
PRESIÓN DE TRABAJO	DE BAJA PRESIÓN: $P \leq 20 \text{ KGf/cm}^2$	DE MEDIA PRESIÓN: $20 \leq P \leq 64 \text{ KGf/cm}^2$	DE ALTA PRESIÓN: $P \geq 64 \text{ KGf/cm}^2$		
SISTEMA DE VAPORIZACIÓN	CALDERAS DE VAPORIZACIÓN LENTA.	CALDERAS DE VAPORIZACIÓN RÁPIDA.			
SU USO	CALDERAS FIJAS.	CALDERAS MÓVILES.			
LAS FUENTES DE CALOR	CALDERAS PARA COMBUSTIBLES (SÓLIDOS, LÍQUIDOS, GASEOSOS).	CALDERAS MIXTAS.	CALDERAS DE RECUPERACIÓN DE CALOR.	CALDERAS ELÉCTRICAS.	
LA FORMA EN QUE FLUYAN LOS GASES DE LA COMBUSTIÓN	CALDERAS DE PASO DIRECTO.	CALDERAS DE RETORNO			
MEDIO DE TRANSPORTE DE CALOR	CALDERAS DE VAPOR	CALDERAS DE AGUA CALIENTE	CALDERAS DE AGUA SOBRECALENTADA	CALDERAS DE FLUIDO TÉRMICO	

Figura 2.4. Clasificación de las calderas. Fuente: Servitec, calderas de vapor.

- Acuotubular

En las calderas acuotubulares los gases de combustión pasan fuera de los tubos los cuales transportan internamente el agua a fin de transferir el calor necesario para elevar la temperatura y llevar a su punto de ebullición dicho líquido. Existen muchos tipos diferentes de diseños; sin embargo, en general se utilizan un máximo de tubos verticales o inclinados en las secciones de transferencia de calor por convección y radiación. Fuente: Folleto Calderas, Ing. Alberto Garro, TEC, 2011.

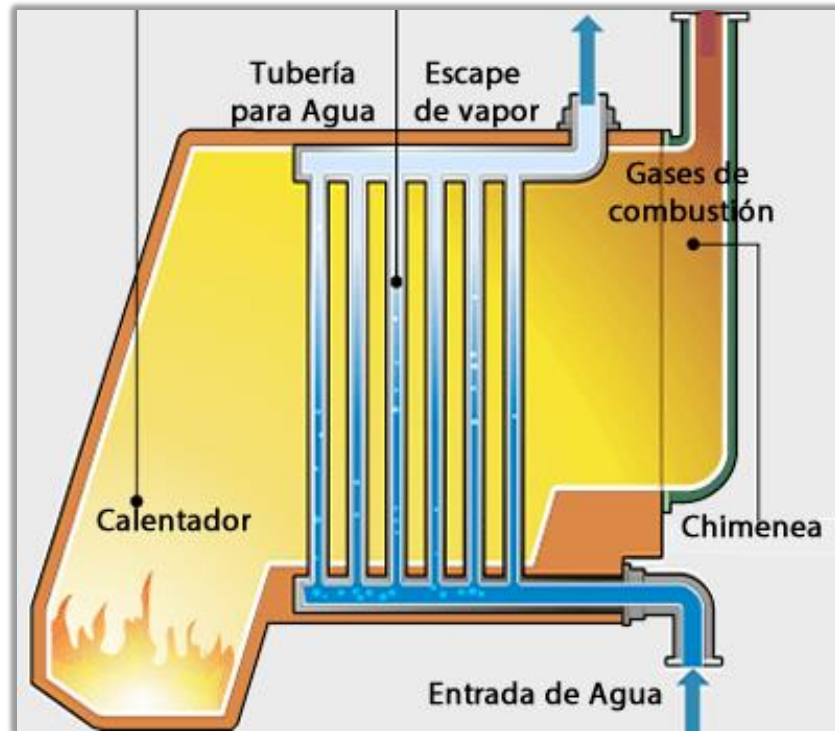


Figura 2.5. Diagrama de funcionamiento de una caldera acuotubular. Fuente: ejemplode.com, 2013.

- Pirotubulares

En las calderas pirotubulares, los gases calientes de la combustión se hacen pasar a través de una serie de tubos. Los tubos están sumergidos en el agua de la caldera y actúan como el medio de transferencia de calor. Las calderas pirotubulares se clasifican como calderas de concha, ya que el vapor de agua está contenido dentro de una coraza que aloja los elementos que producen el vapor. Fuente: Folleto Calderas, Ing. Alberto Garro, TEC, 2011.

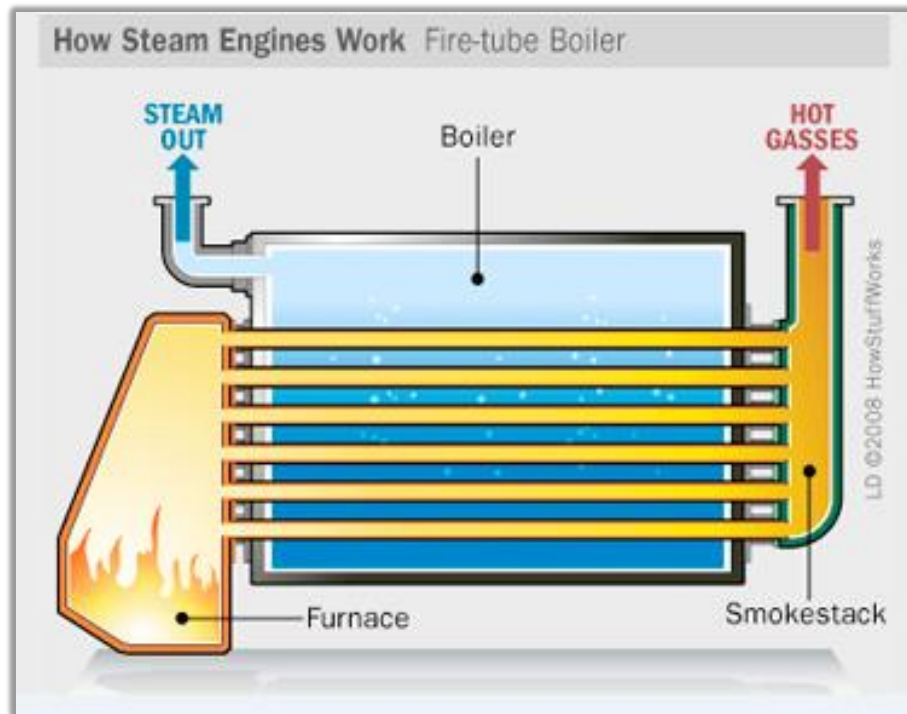


Figura 2.5. Diagrama de funcionamiento de una caldera pirotubular. Fuente: ejemplode.com, 2013.

2.7.3. Partes de la caldera pirotubular

La mayoría de las calderas pirotubulares son diseñadas para utilizar una disposición de paso múltiple para los gases de combustión, a fin de propiciar una transferencia de calor más eficiente, ver figura 2.6. Fuente: Folleto Calderas, Ing. Alberto Garro, TEC, 2011.

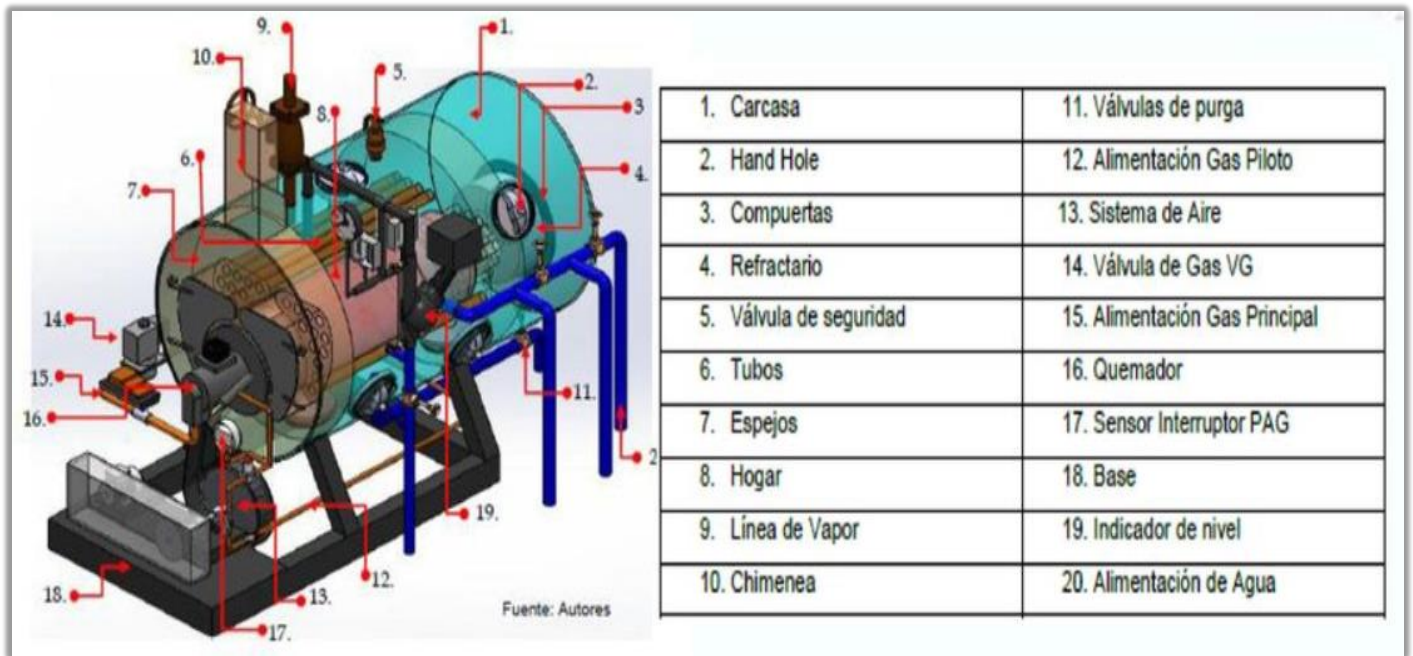


Figura 2.6. Diagrama de partes de una caldera pirotubular. Fuente: ejemplode.com, 2013.

2.7.4. Tipos de vapor de agua

El vapor de agua es una fase intermedia entre la líquida y la de gas. Los vapores tienen características semejantes a los gases, puesto que llenan por completo las paredes del recipiente que los contiene, pero no se comportan como ellos. Fuente: Folleto Calderas, Ing. Alberto Garro, TEC, 2011.

- Vapor Saturado

El vapor puede estar “seco” cuando no contenga en su seno partículas de agua y “húmedo” en el caso contrario. El grado de “sequedad” en el vapor se define como calidad del mismo, por ejemplo: si de una caldera sale vapor de un 2% de humedad,

la calidad del vapor será de 98%. El vapor está “seco” a determinadas condiciones de presión y entonces se dice también que está saturado. En el caso específico de las calderas de diseño moderno, el vapor que se obtiene es prácticamente seco y saturado a la presión de operación. Fuente: Folleto Calderas, Ing. Alberto Garro, TEC, 2011.

- Vapor sobrecalentado

En algunos procesos industriales es necesario producir vapor de una temperatura mayor que la correspondiente a la saturación según la presión a que se trabaje una caldera. Este vapor se llama “sobrecalentado” y para ello es necesario llevar el vapor que se produce en la caldera a un aparato llamado “sobrecalentador de vapor” que recibe calor de los mismos gases de combustión. Esto prácticamente se logra en calderas de diseño de tubos de agua que son las únicas que permiten espacios necesarios para la colocación del sobre calentador. Fuente: Folleto Calderas, Ing. Alberto Garro, TEC, 2011.

2.7.5. Energía en forma de calor sensible y latente

El calor sensible es el calor que se transfiere o se observa como un gradiente de temperatura que no genera un cambio de fase en el fluido. El calor latente es el calor que se transfiere y se observa sin producir un gradiente de temperatura produciendo un cambio de estado en el fluido, ver figura 2.7. Los líquidos cuando son calentados vaporizan y el vapor producido al entrar en contacto con la superficie de menor temperatura se condensa, entregando a dicha superficie el calor con el cual había logrado su vaporización. Fuente: Folleto Calderas, Ing. Alberto Garro, TEC, 2011.

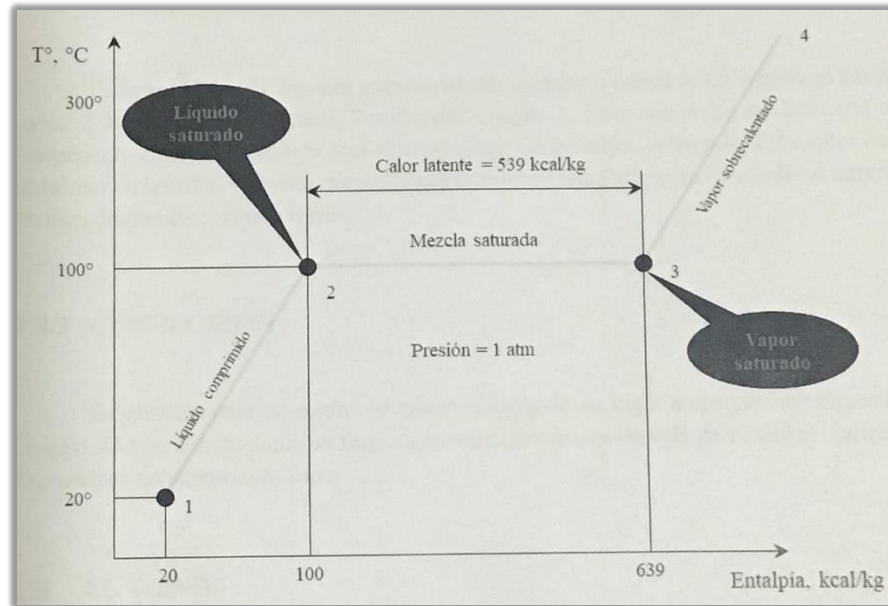


Figura 2.7. Diagrama de temperatura vs entalpía del agua a una presión de 1 bar. Fuente: Folleto Calderas, Ing. Alberto Garro, TEC, 2011.

2.8. Sistema de vapor caldera eléctrica

Los generadores de vapor eléctricos se pueden utilizar en unidades empaquetadas para crear vapor de agua. Se utilizan dos variantes principales: calderas de electrodos y de resistencias. El vapor seco se suministra desde la unidad.

2.8.1. Caldera eléctrica con electrodos

Un primer método serían dos placas de material conductor (los electrodos), suspendido en el agua, pasa una corriente eléctrica que calienta el agua a producir vapor (Figura 2.9). La conductividad del agua es aproximadamente proporcional a la concentración de sales en el agua, por lo que el uso de agua no desmineralizada no es apropiado. A medida que se obtiene el punto de ebullición en el agua, las sales se volverán altamente concentradas (potencialmente conduciendo a la formación de espuma) por lo que el tratamiento del agua correcto será requerido:

para agua con una dureza de 500 ppm, cada 1 kg de vapor precipita 0,5 g de partículas. Se puede usar agua suavizada para reducir las incrustaciones, pero se debe tener cuidado ya que aumenta la concentración de sal en el agua suavizada después de la evaporación puede dañar los electrodos.



Figura 2.9. Principio de caldera eléctrica con electrodos. Fuente: Dwyer, Tim. (2012).

Los componentes activos están normalmente diseñados para ser reemplazados de forma regular según su diseño de ciclo de vida útil: la frecuencia dependerá del fabricante, la carga y la calidad del agua.

2.8.2. Caldera eléctricas con resistencias

La construcción de una caldera eléctrica dispuesta de resistencias se basa en un elemento calefactor eléctrico resistivo (Figura 2.10). El agua suavizada reducirá la formación de incrustaciones, pero en muchos casos los elementos son diseñados para ser fácilmente limpiables o desechables, lo que permite a la caldera de resistencias ser un método más efectivo en la operación continua. Las sales se acumularán en el agua durante el funcionamiento del sistema, por lo que deberán eliminarse, purgando una parte del agua, de lo contrario, el agua puede empezar a formar espuma.

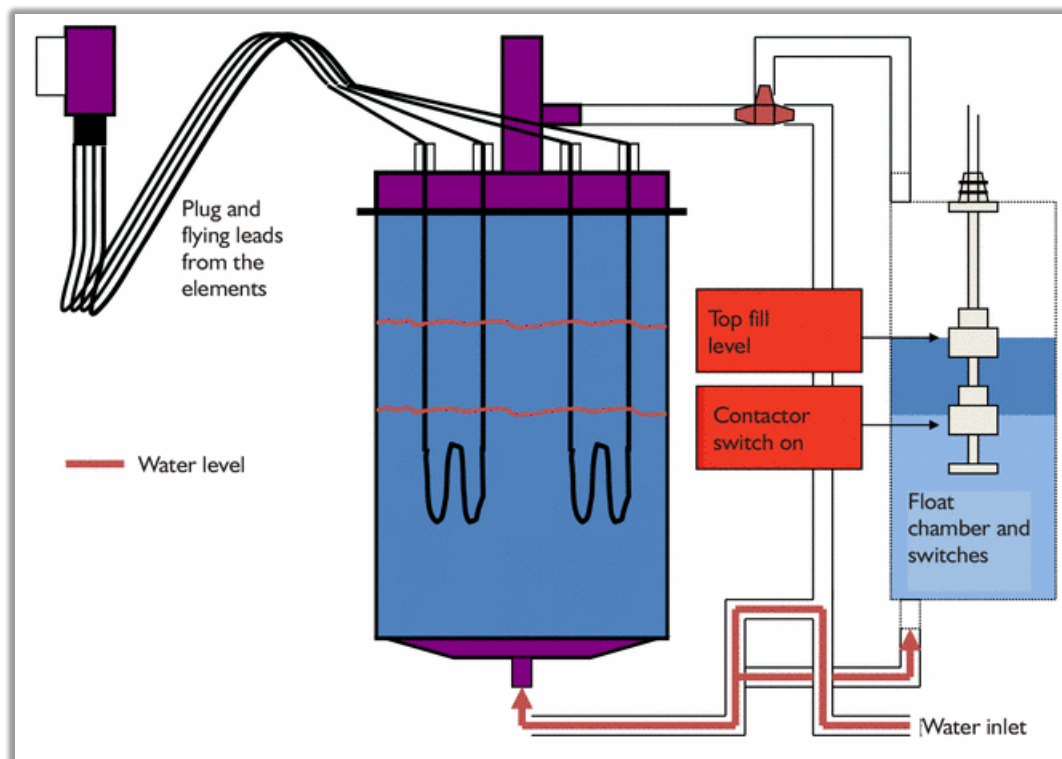


Figura 2.10. Principio de caldera eléctrica con resistencias. Fuente: Dwyer, Tim. (2012).

La salida de corriente se puede modular estrechamente mediante el control de microprocesador integral de la fuente de alimentación (Figura 2.11).



Figura 2.11. Principio de microprocesador integral de la fuente de alimentación para calderas eléctricas con resistencias. Fuente: Dwyer, Tim. (2012).

2.9. Sistemas de esterilización – Autoclaves

A continuación, se refiere un extracto del trabajo de fin de grado de la Ing. Andrea Mata, Universidad Politécnica de Cartagena, 2018.

2.9.1. Central de Esterilización

Las áreas de esterilización es la unidad del hospital donde se llevan a cabo los procesos de esterilización tanto de desechos como quirúrgicos, que consisten en la total eliminación de todos los microorganismos patógenos y no patógenos, incluidas las esporas bacterianas.

Es el servicio que recibe, acondiciona, procesa, controla y distribuye textiles (ropa, gasas, apósitos), equipamiento biomédico e instrumental a todos los sectores del hospital, con el fin de proveer materiales seguros para ser usados con el paciente.

Por lo tanto, podemos afirmar que las áreas de esterilización es una parte importante, y crucial, para el correcto funcionamiento del hospital. Debido a este hecho, es de vital importancia que ésta se encuentre en un perfecto estado, y así poder asegurar que los utensilios suministrados son productos completamente estériles. Fuente: Manual de Esterilización para Centros de Salud, 2008.

Este proyecto desarrollará esterilización por vapor, que consiste en la inactivación celular mediante la transferencia de calor gracias a la inyección de vapor a presión a alta temperatura. Este proceso se lleva a cabo en los sistemas autoclaves.

2.9.2. Autoclaves

Una Autoclave es un recipiente a presión metálico de paredes gruesas con un cierre hermético que permite trabajar a alta presión para realizar una reacción industrial, una cocción o una esterilización con vapor de agua. Fuente: Estructura y Funcionamiento de la Central de Esterilización, 2010.

Por lo general, el sistema de esterilización se compone de los siguientes elementos principales:

- Depurador y descalcificadora de agua
- Generador de Vapor
- Autoclave

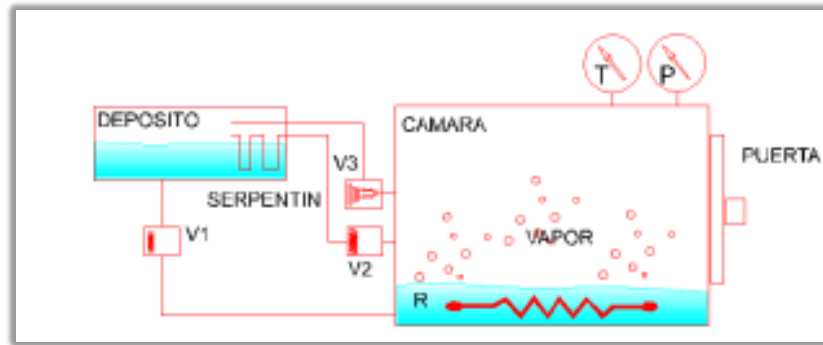


Figura 2.12. Diagrama de autoclave. Fuente: Ing. Andrea Mata, 2018.

El generador de vapor puede estar integrado propiamente en la autoclave (como se observa en la figura 2.12) o puede ser un elemento externo.

En la figura 2.13 se describe el principio de funcionamiento de una autoclave que opera con el vapor proporcionado por un generador de vapor exterior.

Se observa el proceso de evacuación de vapor tras haber sido realizada la esterilización, y la manera en la que este se renueva por vapor limpio.

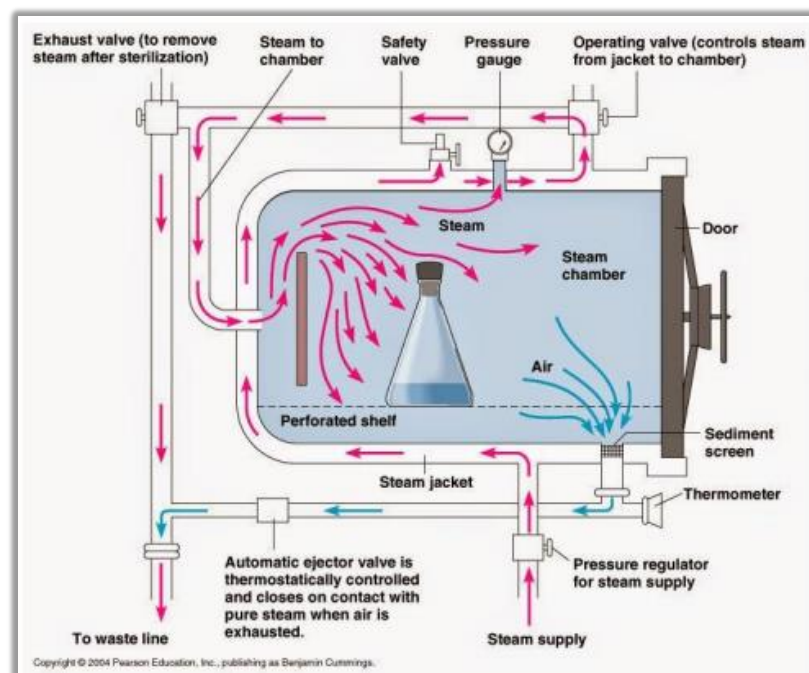


Figura 2.13. Principio de operación de una autoclave. Fuente: Ing. Andrea Mata, 2018.

Para la eficacia de la esterilización de vapor (Autoclave) debe de contar con tres parámetros que son:

- Temperatura (depende del tipo de material)
 - 121°C: caucho
 - 134°C: textil y acero inoxidable
- Presión
- Tiempo

2.9.3. Tipos de Autoclave

El tipo de autoclave a seleccionar se compone del objeto a esterilizar y el grado de esterilización requerido; existen diferentes tipos de autoclaves que trabajan con ciertas temperaturas y agentes esterilizadores.

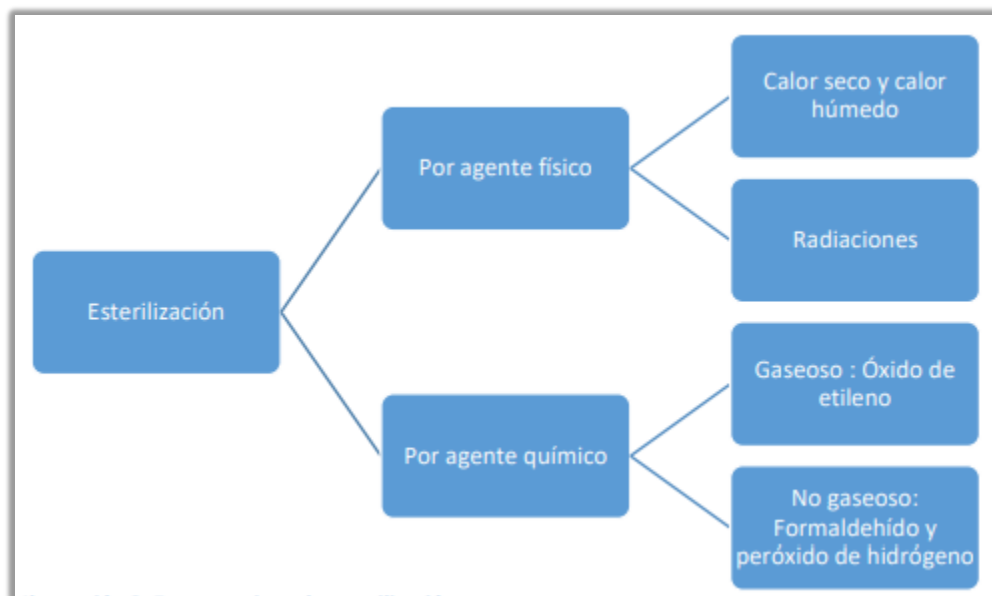


Figura 2.13. Tipos de autoclave según su agente esterilizador. Fuente: Ing. Andrea Mata, 2018.

Este proyecto seleccionará esterilización por agente físico (vapor saturado) por medio de calor seco y calor húmedo.

2.9.4. Principio de funcionamiento de las autoclaves

Se observó anteriormente que el sistema autoclave dispone de ciertos programas que dependen de varios factores operativos como es el tipo de material a esterilizar, el tiempo de esterilización y el nivel de requerimiento de esterilidad.

La programación de la autoclave variará según dichos factores, pero cada ciclo se compone de los mismos procesos, lo único que cambia es el tiempo de duración y la temperatura de la esterilización. Fuente: FEHLMEX, 2013.

Un ejemplo de ciclo de esterilización es el siguiente:

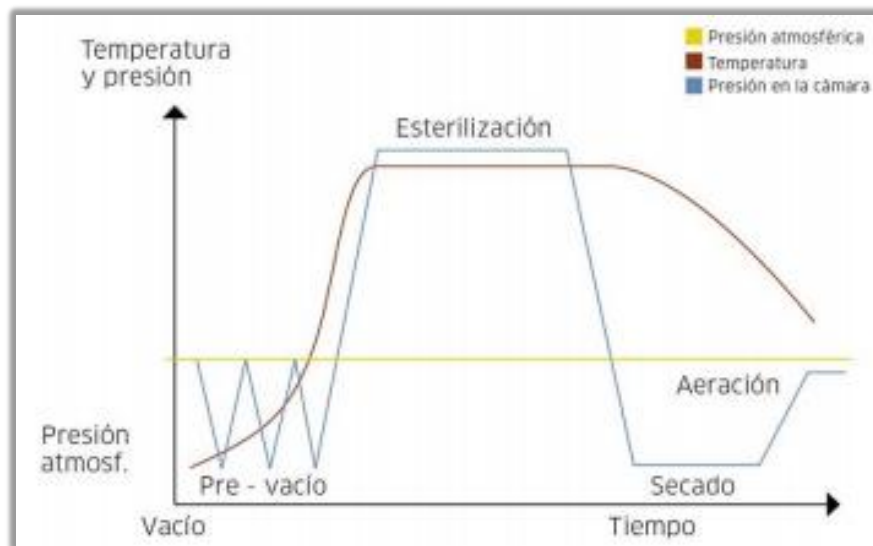


Figura 2.14. Ejemplo de ciclo de esterilización de autoclave. Fuente: Ing. Andrea Mata, 2018.

2.9.4.1. Secuencia del Ciclo

- Acondicionamiento: Dos pulsos de vacío para extraer el aire de la cámara, el vapor entra a la cámara hasta que la temperatura de esterilización (vapor saturado) es llevada al punto de operación.
- Etapa de Esterilización: Temperatura y presión son controladas al nivel de esterilización durante el Tiempo de Esterilización.
- Expulsión Rápida: El vapor es expulsado rápidamente de la cámara; seguido de un pulso de vacío, se introduce aire hasta que la presión atmosférica se alcanza.
- Etapa de Secado: Se crea el vacío en la cámara cuya duración depende del tipo de ciclo de esterilización.
- Fase de entrada de aire: Se introduce aire a la cámara para romper el vacío y permitir la apertura de la puerta.

La generación de vacío se produce mediante eyector (sistema Venturi). Permite producir un vacío en un espacio confinado mediante una corriente de agua (bomba de vacío).

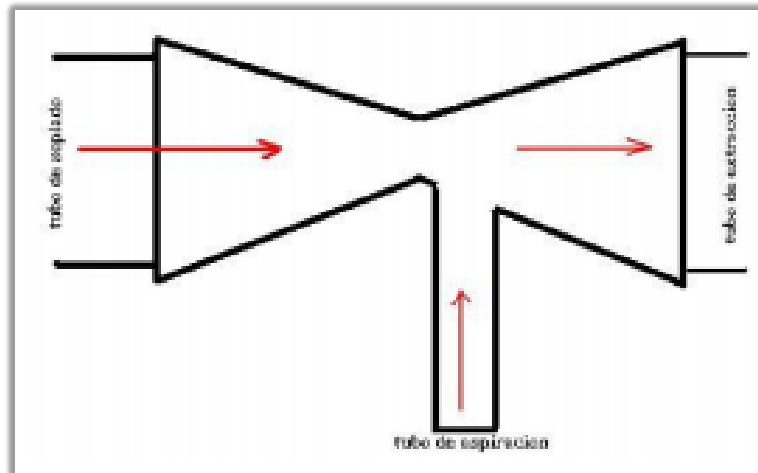


Figura 2.15. Sistema Venturi para el vaciado de la cámara de vapor de la autoclave.

Fuente: Ing. Andrea Mata, 2018.

La bomba de vacío se compone de un cuerpo cilíndrico hueco que a su lado tiene una toma de aspiración (perpendicular al eje del tubo) y un sistema de fijación para la conexión del tubo a un grifo de agua.

El cuerpo hueco tiene una sección reducida a la entrada de la toma de aspiración, creando así un vacío por efecto Venturi y produce el diferencial de presión.

Al encontrarse la cámara de la autoclave en vacío, es llenada por el vapor saturado proveniente del generador de vapor. Justo después, se inicia la etapa de esterilización, durante la cual se controlan la temperatura y presión de esterilización.

Una vez terminada la esterilización, se produce una expulsión rápida del vapor que se encuentra dentro de la cámara, seguido de un pulso de vacío para asegurar la total eliminación del “vapor contaminado” y proceder al secado del material esterilizado.

Por último, se introduce aire en la cámara para romper el vacío, igualando la temperatura del interior de la cámara, a la temperatura atmosférica, y poder así abrir la puerta de la autoclave para extraer el material esterilizado e introducir la nueva carga.

2.9.5. Esquema y requerimientos de la instalación

A continuación, se presentan los requerimientos que necesita una central de esterilización para su correcto funcionamiento. Así como un esquema detallado de los componentes que la integran.

Los requerimientos de una central de esterilización son los siguientes:

- Toma de agua osmotizada.
- Toma de aire exento de impurezas (en la pared con llave de paso).
- Desagüe sinfónico con tubo de salida a la red general.
- Toma eléctrica para 54 kW para sistemas de 510 litros.
- Extracción de aire en el techo directa al exterior.

El esquema general de la instalación (para cada autoclave) sería el expuesto en la siguiente ilustración:

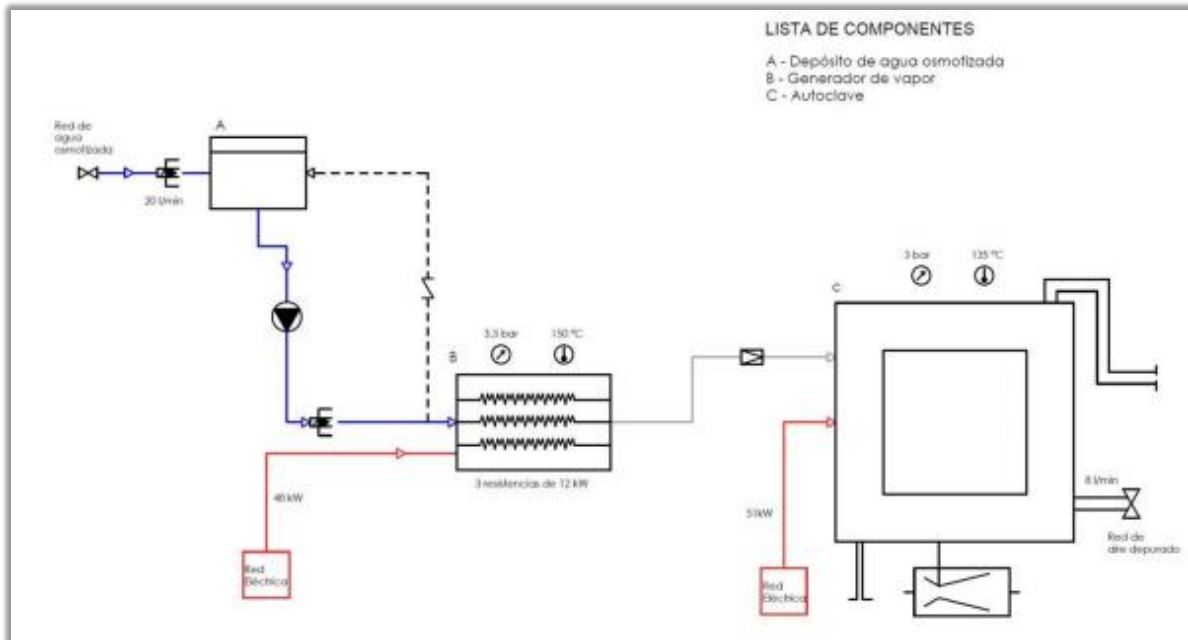


Figura 2.16. Diagrama de instalación de una autoclave. Fuente: Ing. Andrea Mata, 2018.

El agua osmotizada se toma directamente de la red del hospital y se lleva a un depósito con un caudal de 20 l/min.

Posteriormente, el agua osmotizada se bombea hacia el generador de vapor eléctrico, según demanda requerida por la autoclave.

El generador de vapor recibe el agua osmotizada (que llega líquida a 5 bar y 15°C) y la transforma en vapor saturado a las condiciones deseadas (3 bar y 121 o 134°C) según el programa seleccionado. Este proceso se realiza mediante el calentamiento de unas resistencias eléctricas que dispone en su interior.

Por último, el vapor saturado proveniente del generador de vapor se introduce en el sistema autoclave para iniciar el proceso de esterilización determinado según el programa que ha sido previamente seleccionado.

2.10. Sistemas de energía renovable – Colector de agua térmico solar

2.10.1. Construcción y diseño del colector solar

El colector solar cuenta con una capacidad absortiva, donde se encuentran dos componentes separados: la placa absorbente y los conductos por donde fluye el líquido a elevar la temperatura. Existen muchos tipos de diseños de absorbedores, como en paralelo tipo parrilla o tubos serpentines unidos a la placa absorbente, entre otros.

El método para unir la tubería, la trayectoria del flujo del circuito y las propiedades de la superficie del absorbedor son importantes para el rendimiento del sistema. La geometría de la trayectoria del flujo, el área de la sección transversal y el caudal determinan la caída de presión del fluido a través del colector. Esta caída de presión afecta la distribución del flujo en toda la matriz. Fuente: Guyer, p. (2013).

Existen métodos para la unión de la tubería en el circuito colector a la placa absorbente que incluyen uniones mecánicas (soldadura), adhesivos y por deformación mecánica.

2.10.2. Superficie del absorbente

La superficie de la placa absorbente es un factor importante en el desempeño del coleccionista. Hay dos acabados superficiales básicos, selectivo y no selectivo. Las superficies selectivas suelen tener un acabado de cromo o níquel negro. Las superficies no selectivas suelen tener un acabado con pintura negra mate y pueden tener un valor de emisividad tan grande como absortividad. Las superficies selectivas tienen la ventaja de absorber la misma cantidad de energía que la superficie pintada, pero emite mucho menos radiación de regreso a la cubierta. Las superficies pintadas no selectivas presentan numerosos problemas de decoloración, descamación y desgasificación. En contraste, una película metálica como recubrimiento superficial tiene una excelente historia para conservar sus propiedades con el tiempo. Los materiales de placa absorbente más comunes son

el cobre, aunque los absorbentes de aluminio pueden ser diseños que todavía se encuentren. El cobre ha mostrado el mayor éxito debido al bajo coeficiente de expansión térmica.

2.10.3. Tubería de distribución o manifold del colector

El manifold es la tubería que realiza la distribución a cada uno de los colectores individuales. Hay dos tipos principales de diseños: externos e internos. Los colectores de manifold externo tienen pequeñas entradas y salidas de un diámetro que deben llevar el flujo de un solo colector. La tubería del colector hacia cada entrada y desde cada salida permanece externa al colector. Hoy en día, los colectores de manifold externos están siendo reemplazados por aquellos con manifold internos (ver figura 2.17).

Los colectores de manifold interno son diseñados para transportar flujo para muchos colectores conectados entre sí, integrados en una unidad colectora. El colector de manifold interno tiene muchas ventajas, particularmente cuando se usa en grandes sistemas. Beneficios incluidos como costos reducidos en materiales de tubería, soportes de tubería, aislamiento y mano de obra; más efectivo para el equilibrio de flujo, que mejora el rendimiento térmico; y las pérdidas de calor reducidas al medio ambiente.

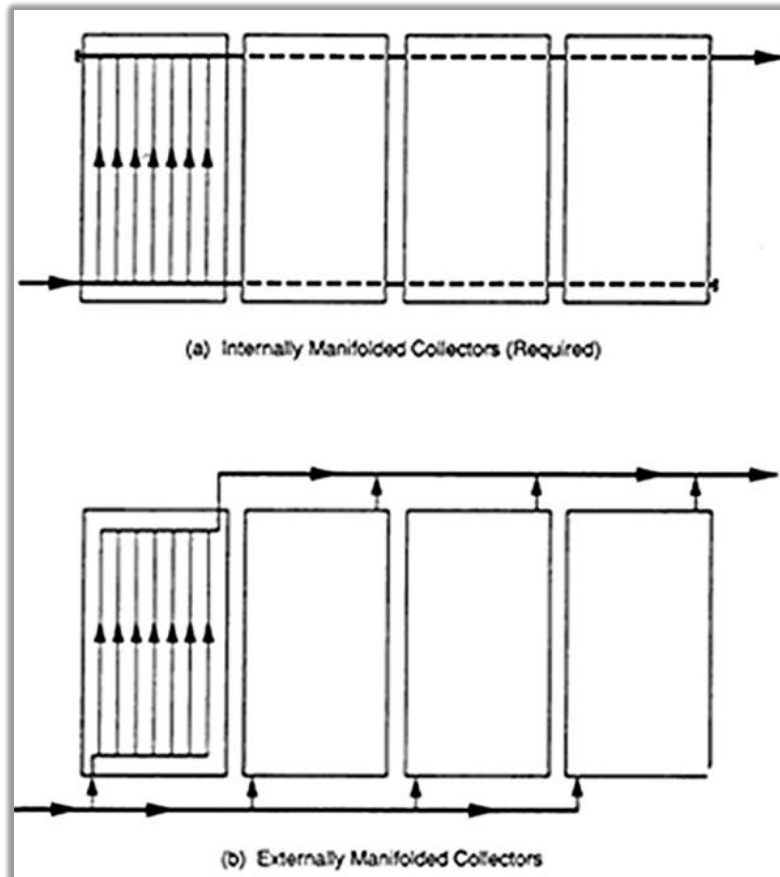


Figura 2.17. Configuración de tubería de distribución para colectores solares: interna y externa. Fuente: Fuente: Guyer, P (2013).

2.10.4. Aislamiento térmico

Es esencial su presencia, ya que reduce las pérdidas térmicas. El aislamiento recubre la pared trasera y los laterales del colector. A continuación, conceptos importantes para el diseño y selección extraídos del Ing. Juan Francisco Cerón, Universidad Politécnica de Cartagena, 2012.

Los aislantes térmicos se caracterizan por:

- Resistir altas temperaturas sin deteriorarse, lo que muchas veces se consigue colocando entre la placa y el aislante una capa reflectante, que impida que el aislante reciba directamente la radiación.

- No desprender vapores al descomponerse por el calor y en caso de ocurrir que no se adhieran a la cubierta.
- No degradarse por el envejecimiento u otro fenómeno a la temperatura habitual de trabajo.
- Soportar la humedad que se pueda producir en el interior de los paneles sin perder sus cualidades.
- Poseer un espesor de entre 40 y 70 mm.

Los materiales más usados son:

- Lana de vidrio y mineral.
- Espuma rígida de poliuretano.
- Poliestireno expandido.

2.10.5. Carcasa

Protege y soporta los elementos constituyentes del colector solar.

Cumple las siguientes características:

- Rigidez y resistencia estructural que asegure la estabilidad. Es de suma importancia ya que debe resistir las cargas de viento.
- Resistencia de los elementos de fijación mecánica para los esfuerzos a transmitir.
- Resistencia química a la corrosión y a los efectos corrosivos de la atmósfera y a la inestabilidad química debido a las inclemencias del tiempo, ya que deben estar a la intemperie.
- Aireación del interior del colector para evitar la condensación del agua.
- Evitar toda geometría que permita la acumulación de agua, hielo o nieve en el exterior del colector.
- Permitir un fácil desmontaje de la cubierta para poder tener acceso a la placa captadora.

2.10.6. Áreas características de un colector plano

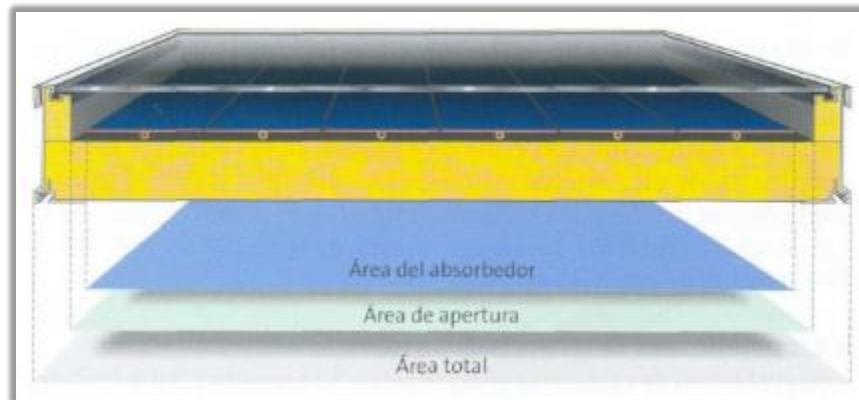


Figura 2.18. Áreas características de un colector solar. Fuente: Ing. Juan Francisco Cerón, Universidad Politécnica de Cartagena, 2012.

- **El área total, A_G ,** es el área máxima proyectada por el captador completo. Se trata del área entre los límites exteriores del captador, generalmente los bordes externos de la carcasa de este.
- **El área de apertura, A_a ,** se trata del área proyectada máxima a través de la cual penetra la radiación solar sin concentrar en el captador. Es la de la superficie visible o abierta del captador para la radiación solar. Por lo general coincide con el área de la cubierta transparente visible (sin contar la junta).
- **El área del absorbedor, A_A ,** se trata del área máxima de proyección del absorbedor. En los captadores solares planos es la suma de las áreas de las aletas y de las tuberías internas de distribución expuestas a la radiación.

2.10.7. Tipos de absorbedor

Se distinguen varios modelos de absorbedores en función de la configuración de las tuberías que los constituyen, destacando los absorbedores de parrilla y tubos y los de serpiente.

En cualquiera de las configuraciones se ha de asegurar:

- Buen equilibrio hidráulico para asegurar que el rendimiento del captador no disminuya. Para ello el caudal ha de ser el mismo a través del absorbedor.
- Circulación del fluido en régimen turbulento para favorecer la transferencia de calor. Aunque no siempre se consigue este punto, lo normal es que el flujo del conducto sea laminar o de transición.

2.10.7.1. Absorbedor tipo serpentín

En los absorbedores de tipo serpentín todo el fluido de trabajo pasa por una tubería en forma de serpentín. Debido a su configuración presentan una mayor pérdida de carga que el de tipo parrilla.

Las ventajas de este tipo de absorbedor son:

- La sencillez en fabricación.
- La posibilidad de conexión en paralelo de muchos captadores.
- La factibilidad de operación de captadores individuales bajo condiciones de bajo flujo.



Figura 2.19. Absorbedor de tipo serpentín. Fuente: Ing. Juan Francisco Cerón, Universidad Politécnica de Cartagena, 2012.

2.10.7.2. Absorbedor de tipo parrilla

Se trata del tipo de colector a emplear en este proyecto.

A pesar de la mayor dificultad que requiere su fabricación, el absorbedor tipo parrilla ha logrado una cuota mayor en el mercado que el de serpentín, debido al uso extendido de las aletas absorbedoras. Además de producir menos pérdidas de presión el incremento de temperaturas es menor y por tanto el rendimiento de operación es mayor.

En este diseño varios tubos finos en paralelo, unidos a tubos de distribución en cada extremo del captador, se combinan para formar una disposición en forma de parrilla.

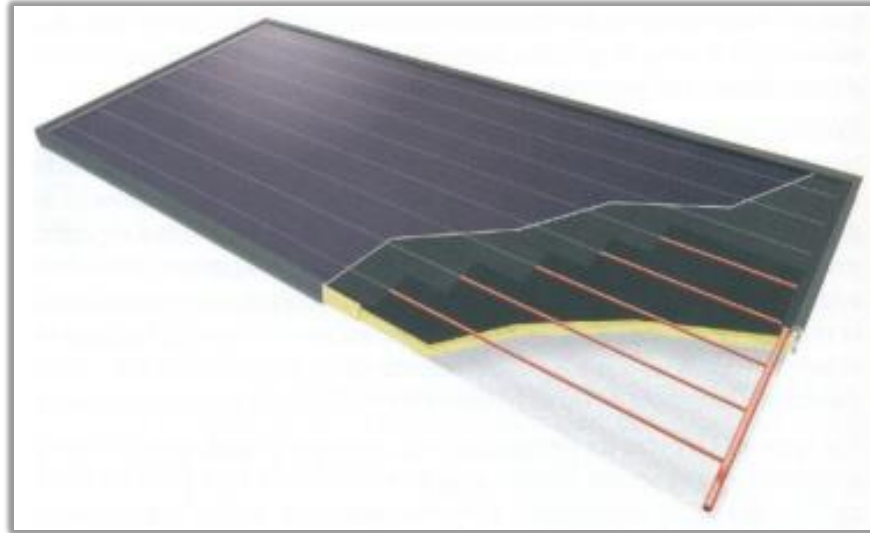


Figura 2.19. Absorbedor de tipo parrilla. Fuente: Ing. Juan Francisco Cerón, Universidad Politécnica de Cartagena, 2012.

Las ventajas que presenta este tipo de absorbedor son:

- La posibilidad de bajas pérdidas de carga en captadores individuales. La pérdida de carga depende de los diámetros de los tubos empleados y del conexionado en paralelo o en serie.
- Posibilidad de uso en sistemas de termosifón.
- Versatilidad para el conexionado del campo de captadores.
- Mejor rendimiento debido a un incremento de temperaturas menor entre la entrada y la salida.

2.10.8. Modelo analítico de captadores solares planos tipo parrilla.

Las ecuaciones que definen el modelo analítico de los captadores térmicos son:

2.10.8.1. Ecuación de balance de potencia

El comportamiento de un colector solar puede determinarse mediante la ecuación de balance de potencia que describe la relación entre la potencia útil, \dot{Q} , la potencia absorbida por el colector, S , y las pérdidas térmicas y ópticas.

La potencia absorbida, S , es igual a la radiación solar incidente en la superficie del colector menos las pérdidas ópticas.

Las pérdidas térmicas de los alrededores se deben a las radiaciones infrarrojas, convección y conducción. Las pérdidas térmicas dependen del coeficiente global de transmisión de calor, U_L , a los alrededores, de la temperatura ambiente, T_a , y de la temperatura media del absorbedor o placa, T_{abs} .

$$\dot{Q} = A_A \cdot [S - U_L(T_{abs} - T_a)] \quad (W)$$

La radiación incidente global, G , está compuesta por las radiaciones directa y difusa, y las radiaciones reflejadas de los alrededores y la tierra. La forma en que esta radiación incidente es absorbida por el colector depende de la radiación incidente, la fracción de la radiación incidente, τ_g , que es transmitida a través de la cubierta transparente y la fracción de radiación incidente absorbida por el absorbedor, α_{abs} . La potencia absorbida puede ser definida como:

$$S = G(\tau_g \alpha_{abs}) \quad \left(\frac{W}{m^2}\right)$$

Sin embargo, poder conocer el valor de la temperatura en el absorbedor es bastante dificultoso, ya que depende del diseño del colector, la radiación solar incidente, y las condiciones del fluido que circula por dentro. Por ello, en el estudio de los colectores solares se introduce un término, denominado factor de remoción del calor F_R , para obtener una expresión con datos más asequibles; por lo que la ecuación se reescribe de la siguiente manera:

$$\dot{Q} = A_A \cdot F_R \cdot [G(\tau_g \alpha_{abs}) - U_L(T_{in} - T_{out})] \quad (W)$$

Capítulo 3 Desarrollo del proyecto

3.1. Informe de auditoría energética basada en la norma INTE/ISO 50002:2018

3.1.1. Antecedentes

Información general de la organización

Ver capítulo 1 de este documento.

Requisitos legales

Ver registro del procedimiento SGE-PR-001 en el Apéndice 2 de este documento.

Declaración de confidencialidad

La información contenida en este informe es de uso interno del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega y para uso académico del Tecnológico de Costa Rica.

Descripción de la auditoría energética

Objetivos

- Identificar el consumo de combustible gas LP consumido en el sistema de generación de vapor del Hospital para el SGE.
- Analizar el consumo de energía eléctrica (kW/h) para los nuevos sistemas eléctricos de esterilización que entrarán al hospital a través de la disposición final de la caldera de gas LP.
- Determinar OCE para la reducción de costos energéticos, mediante la examinación de procesos.

3.1.2. Alcance y limitaciones

Se realizará la auditoría de energía, tipo 1, para el sistema de generación de vapor Caldera Cleaver Brooks 70 BHP, considerando las transmisiones actuales en uso.

i. Necesidades y expectativas

Se requiere el compromiso del departamento de coordinación y mantenimiento para el diagnóstico energético del Hospital.

ii. Nivel de detalle

Se requiere al menos que se midan las fuentes primarias de energía.

No se requiere una precisión extrema, más bien, una buena repetitividad de los datos.

Se requiere conocer la carga instalada, así como, la demandada.

iii. Periodo de tiempo

El periodo de tiempo estimado para realización de la auditoría son aproximadamente 14 semanas.

iv. Criterio de evaluación de oportunidades

1. Se presenta un diseño de *ahorro energético* para el consumo de KW/h de los sistemas autoclaves a través de un colector de agua térmico solar (instalado).
2. Además, una propuesta de sistema de generación de vapor para *caldera eléctrica*; haciendo la centralización completa de los sistemas térmicos.

3.1.3. Detalles de la auditoría

3.1.3.1. Plan de medición

Requerimientos técnicos de medición

De acuerdo con el alcance de la auditoría propuesta, se obtienen los datos de los ciclos de la caldera Cleaver Brooks para estimar el consumo de gas lp.

También se establece la medición de consumo de corriente del sistema autoclave con generador de vapor propio.

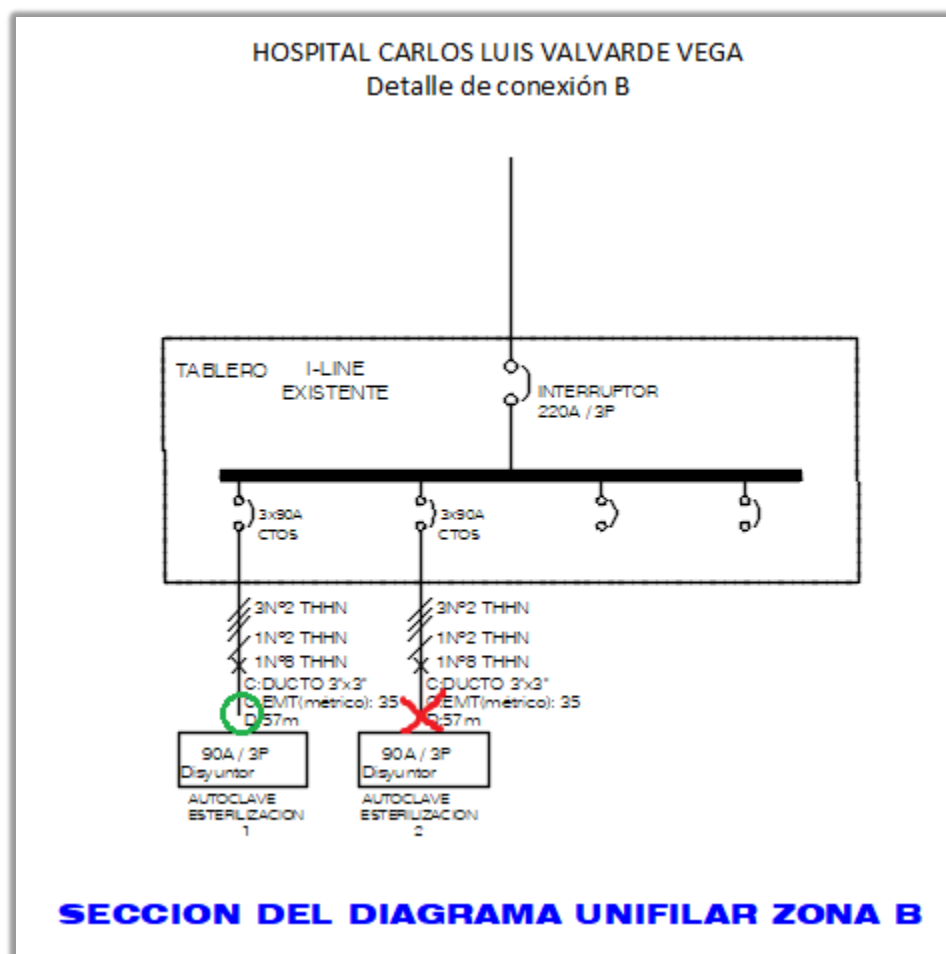


Figura 3.1 Puntos de medición de consumo de corriente para el tablero eléctrico ubicado en centro de servicios de sala de operaciones. Fuente: Elaboración propia.

Como resultado del proceso de auditoría, solo se logró realizar la medición del consumo de corriente de uno de los puntos mostrados (punto círculo verde) anteriormente (autoclave Getinge ver figura 3.3) debido a la gestión administrativa a nivel central de CCSS no se instalaron los demás equipos nuevos (autoclaves) durante el período de participación.

Por lo tanto, se utiliza el dato medido, para proyectar consumos de operación de estos sistemas para su análisis de costos de ciclo de vida y flujo financiero proyectado (ver apéndice 16 y 17).

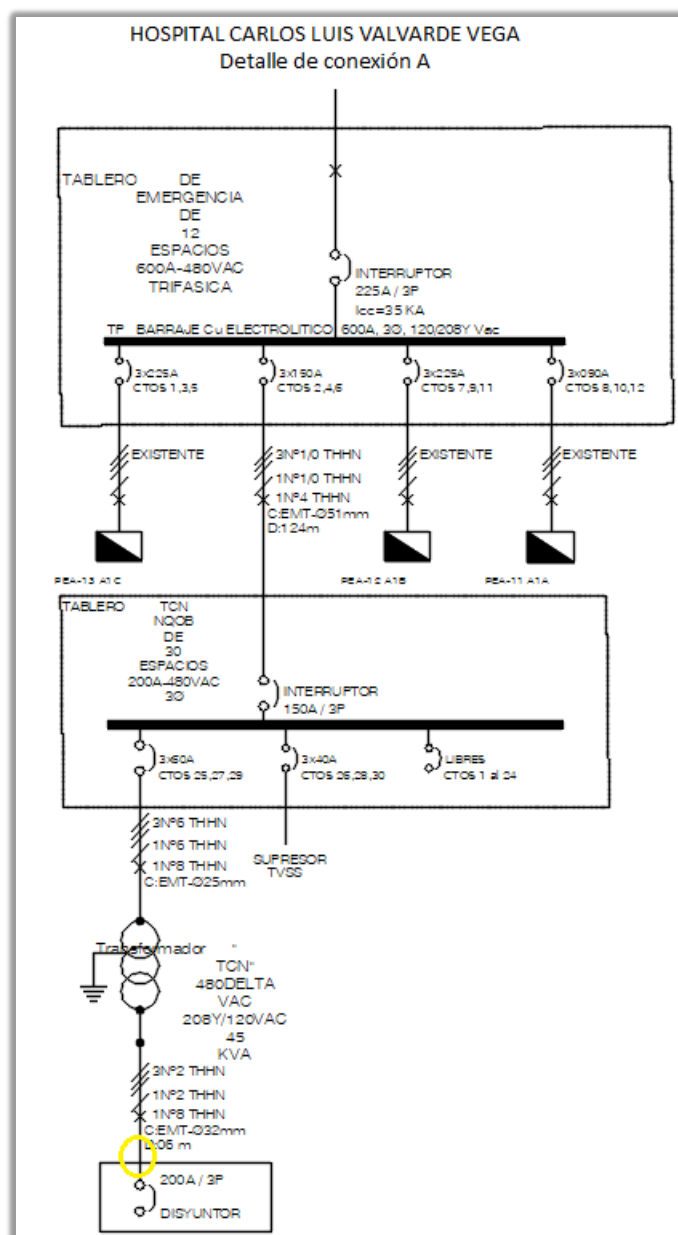


Figura 3.2. Puntos de medición de consumo de corriente para el tablero eléctrico ubicado en el centro de acopio. Fuente: Elaboración propia.

La figura 3.2. muestra el circuito eléctrico donde se realizó la instalación de la acometida para la autoclave híbrida, ver figura 3.5. Este proceso implicó que se tomara la decisión de realizar la instalación para continuar la disposición final de la Caldera Cleaver Brooks. Por cuestiones administrativas durante el período de servicio de práctica no se logró hacer la medición de consumo eléctrico.

3.1.3.2. Equipos de medición

Se propone un sistema de medición con el multímetro modelo Fluke activo número **872376** proporcionado por el centro de salud, con el fin de obtener las corrientes demandadas y calcular los consumos de los equipos que en este proceso se están instalando.

Precisión y repetibilidad

La precisión del multímetro activo número **872376**, marca Fluke, posee una precisión de ± 0.1 A.

Duración y frecuencia

Los datos de la medición de energía de las autoclaves instaladas se medirán para tener resultados diarios.

Responsabilidad para llevar a cabo la medición.

La medición del consumo de energía eléctrica del sistema autoclave con generador propio y la obtención de los datos será responsabilidad del practicante de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Javed Rodríguez Vargas.

Calibración de los equipos.

La calibración del multímetro Fluke es de fábrica, sin embargo, la última calibración fue registrada en el año 2019.

3.1.3.3. Tipo de datos

3.1.3.3.1. Sistemas de generación de vapor por medio de energía combustible gas LP.

Caldera Cleaver Brooks modelo CB 700X-70-150ST 70 BHP

Para la obtención del consumo y demanda, se obtienen los datos de los ciclos de la caldera obteniendo las horas operación. Se continúa la búsqueda de datos como, la temperatura de la chimenea, el registro de condensado regenerado y el consumo de agua potable como criterio profesional para evidenciar el estado del activo (ver figura 1.6).

3.1.3.3.2. Sistemas de generación de vapor por medio de energía eléctrica.

Autoclave Getinge modelo H56617ER-1 63 KW 460V

Para la obtención del consumo y demanda de este sistema autoclave, se mide la corriente eléctrica directamente en el generador, los ciclos diarios.



Figura 3.4. Autoclave GETINGE 63 kW existente en HCLVV. Fuente:
Elaboración propia.

Autoclave YAN TAN MIN modelo YTM-DSA7B 27kW 208V

Para la obtención del consumo y demanda de este sistema autoclave, se planteó la medición de la corriente eléctrica directamente en el generador, los ciclos diarios. *Este activo del hospital es híbrido, se le puede entregar vapor transmitido por caldera o generar el vapor a través de un generador eléctrico que trae incorporado. Durante el período de auditoría se realiza la conversión eléctrica de este sistema autoclave. (ver figura 1.9).

3.1.3.4. Listado de equipos

Se tienen equipos que consumen y generan vapor de agua a partir de energía de combustible fósil (gas lp) y se muestran en la tabla 3.1. Donde se utilizaron como referencia para el análisis del costo de ciclo de vida útil y disposición final.

De forma consecutiva se presenta la tabla 3.2 donde se muestran los equipos que, sí fueron instalados y convertidos a equipos eléctricos, respectivamente figura 3.4 y 3.5.

Tabla 3.1. Activos del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega que consumen y generan vapor a base de energía combustible gas lp.

Número	Descripción	Localización	Capacidad	Presión de trabajo (bar)
1	Caldera Cleaver Brooks CB 700X-70-150ST 70 BHP	Cuarto de máquinas	70 BHP	4,8
2	Autoclave Matachana Serie 1000	Área de esterilización	140 kg/h	3,5
3	Autoclave Yan Tan Min YTM-DSA7B	Área de esterilización	85 kg/h	2,8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.2. Activos del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega que consumen y generan vapor a base de energía eléctrica.

Número	Descripción	Localización	Voltaje (V) 3Ø	Potencia (kWh)
1	Autoclave Getinge H56617ER-1	Área de esterilización	480	63
2	Autoclave Yan Tan Min YTM-DSA7B	Área de esterilización	208	27

Fuente: Elaboración propia.

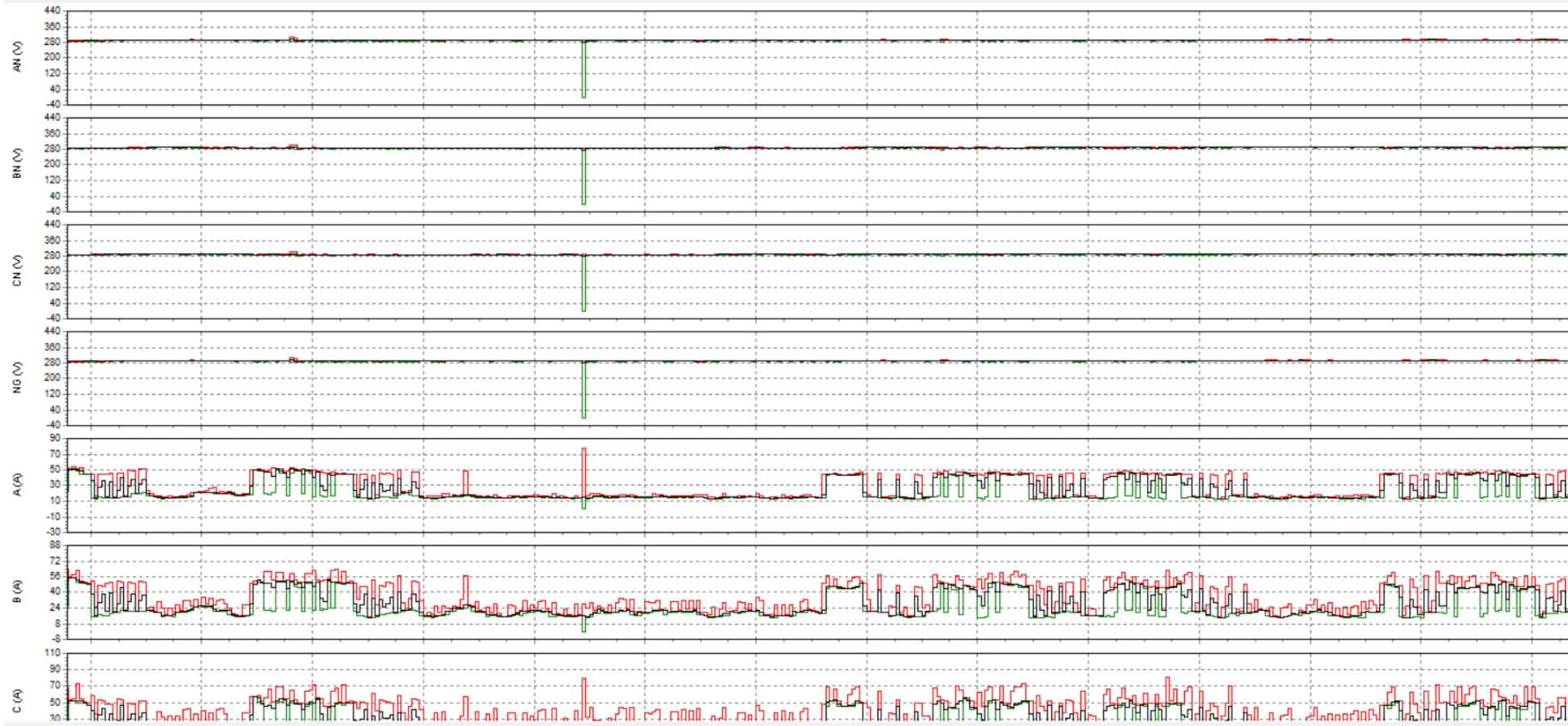


Figura 3.5. Medición de consumo eléctrico de Autoclave Geringe H56617ER-1. Fuente: Elaboración propia.

La figura 3.5 muestra la medición del consumo de corriente de la autoclave Getinge. Las demás autoclaves que se propusieron (ver sección 3.1.5.) para la conversión eléctrica no fueron instaladas en el período de servicio de práctica, si cabe destacar que la instalación del cableado eléctrico según la NFA 70 si fue instalado correctamente durante la gestión de este proyecto.

3.1.3.5. Estadística de datos obtenidos en el consumo de energía del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

El consumo histórico de energía combustible gas lp del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega se muestra en la tabla 3.3 e iría del período de enero 2020 hasta mayo 2020 donde se solicitaron los datos para la auditoría.

La determinación del consumo de gas lp en el período de análisis de datos se tuvo que tomar en cuenta aspectos administrativos (crisis sanitaria COVID-19 año 2020) tendiendo un muestreo de datos basados en el percentil 75.

Por lo tanto, para el período de enero hasta mayo se tomó el 75% de los datos de consumo diario de gas lp del período de evaluación para obtener un promedio y ese dato sería el usado para el análisis de operación del sistema Caldera Cleaver Brooks; siendo un dato importante dentro del análisis del costo del ciclo de vida útil.

Tabla 3.3. Activos del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega que consumen y generan vapor a base de combustible gas lp.

Indicadores de Consumo de Energía Térmica		Enero 20	Febrero 20	Marzo 20	Abril 20	Mayo 20
1	Consumo de GAS LP (litros)	22 203,00	20 502,00	20 856,00	16 305,00	20 001,00
2	Horas de operación por caldera Cleaver Brooks (h)	360,60	333,00	355,50	342,40	335,70
4	Temperatura promedio Chimenea Cleaver Brooks (°C)	148,38	150,60	154,55	152,69	155,60
5	Temperatura promedio agua caliente en (°C)	63,63	64,14	63,23	61,71	61,01

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4. Indicadores de desempeño energético

Los indicadores de desempeño energético propuestos, de acuerdo con la norma ISO 50006:2014, y calculados, para el periodo de medición, son los siguientes:

Indicadores energéticos de tipo económico

Estos indicadores permiten conocer el costo de energía eléctrica por unidad de producto (International Standard Organization, 2014).

Se determina el costo total de la energía combustible gas LP consumida en el periodo auditado, como la cantidad de horas que el sistema de generación de vapor estuvo en marcha y la cantidad de vapor que generó durante el período.

De acuerdo con los datos de la tabla 3.3, Se calcula el indicador del costo de colones de generación de vapor agua por kilogramo de vapor (ver apéndice 16).

$$\frac{\text{Gasto por generacion de vapor al mes (\$)}}{\text{kg de vapor generados (kg)}} = \frac{4\,274\,261,04 \text{ colones}}{170\,848,16 \text{ kilogramos de vapor}} \approx 25,01$$

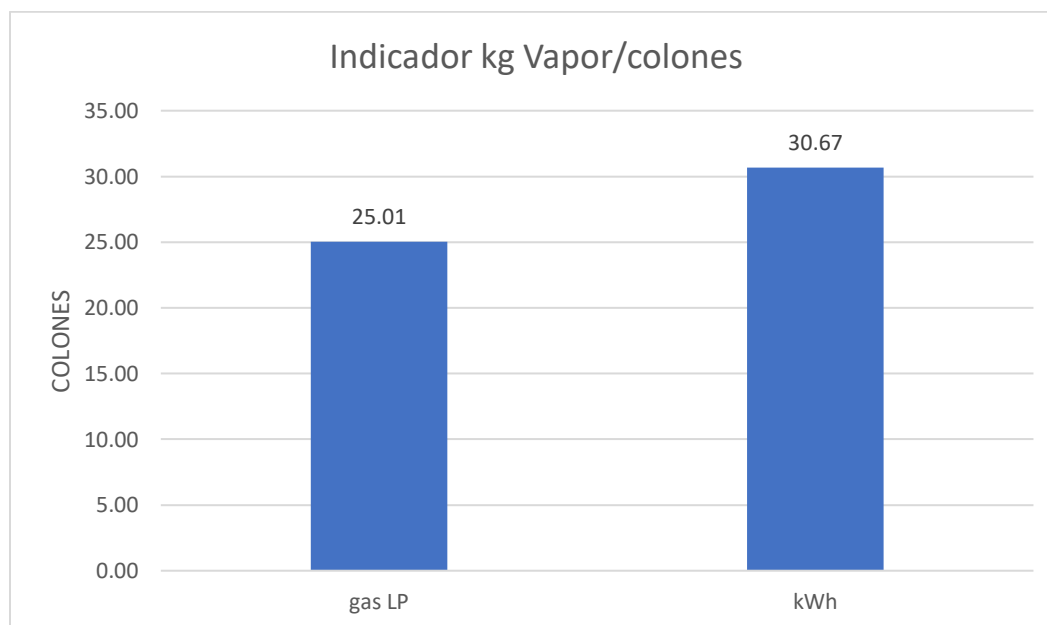
colones/ kg de vapor al 60% de presión de trabajo y 25% de la carga demandada.

Tabla 3.4. Resumen indicadores de desempeño energético de tipo económico.

Indicadores energéticos de tipo económico	Proceso o actividad	Unidades	Resultado	Valor
Costo de <i>gas LP</i> por unidad de producto	Generación de vapor de agua	Colones/kg vapor de agua	Permite conocer el costo de generación de vapor del proceso de esterilización por kilogramo de producto.	25,01
Costo de <i>electricidad</i> por unidad de producto	Generación de vapor de agua	Colones/kg vapor de agua	Permite conocer el costo de generación de vapor del proceso de esterilización por kilogramo de producto.	30,67

Fuente: Elaboración propia.

Se observa un indicador de gas LP de 25,01 colones para un sistema con desempeño energético bajo y luego se observa un indicador de energía de 30,67 colones para un sistema de generación de vapor a base de energía eléctrica independiente e integrado en un sistema de esterilización que tendría un desempeño energético de 100% o nominal.

**Gráfico 3.6.** Comparación indicador kg de vapor/ colones entre energías gas LP y electricidad como fuente de generación de vapor. Fuente: Elaboración propia.

Indicadores de desempeño energético

Para el cálculo de los indicadores de desempeño energético, se determina el consumo de energía (gas lp y electricidad/ ambos sistemas) y su costo diario en colones.

Obteniéndose el consumo diario de la tabla 3.3 se determina el costo por día de energía gas LP para para producir vapor de agua según el desempeño energético actual.

$$\frac{\text{Costo promedio litro gas LP} * \text{Cantidad de litros (l)}}{1 \text{ día}} = \frac{203,8 \frac{\text{colones}}{\text{l}} * 574,2 \text{ l}}{1 \text{ día}} \approx 116\ 550,18$$

colones/día al 60% de desempeño energético por la Caldera Cleaver Brooks 70 BHP

De la misma forma se propone el indicador de consumo de energía eléctrica (autoclave con generador de vapor propio) para evaluar el mismo ciclo de esterilización que se realiza en un día.

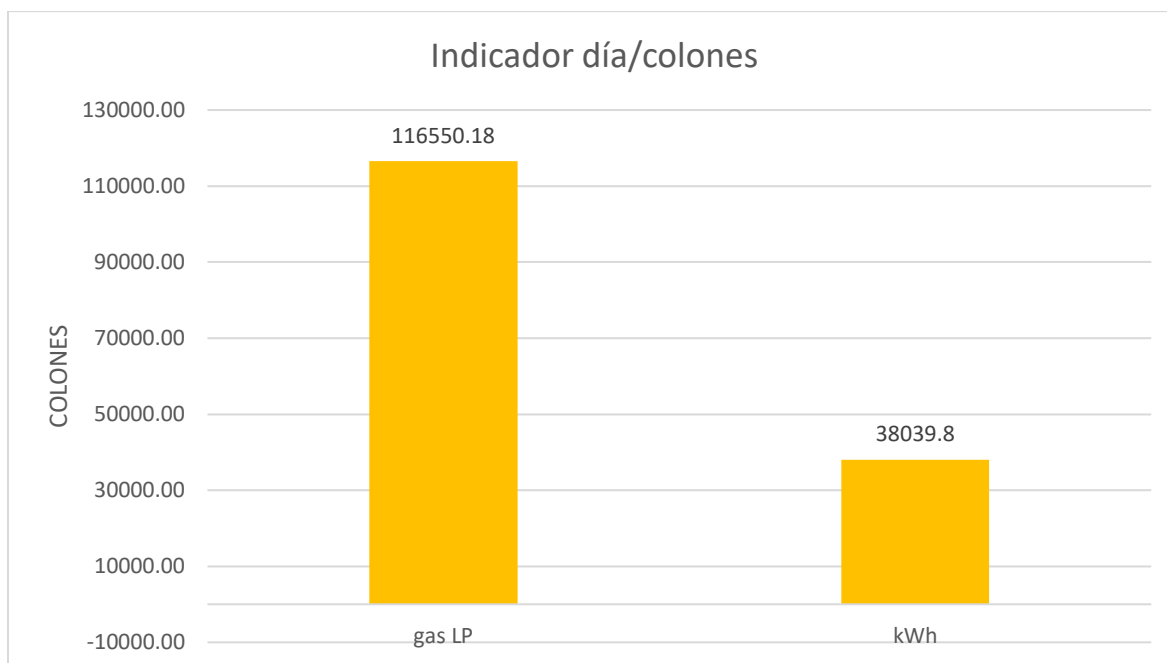


Gráfico 3.7. Indicador de consumo colones/día entre energías gas LP y electricidad como fuente de generación de vapor. Fuente: Elaboración propia.

En este centro de salud donde el sistema Caldera Cleaver Brooks ya se encuentra en su etapa de disposición final, se logra observar la oportunidad de una toma de decisión para la conversión eléctrica del sistema de generación de vapor.

Para un análisis financiero de ambos sistemas es necesario conocer el costo de ciclo de vida útil (ver tabla AP1 y tabla AP2 en apéndices 16 y 17) y así se observaría los aspectos de costos de adquisición de activos, operación y mantenimiento y disposición final.

Tabla 3.5. Resumen Indicadores de desempeño energético.

Proceso o actividad	Fuente de energía	Indicador de desempeño energético	Unidades	Resultado	Valor
Generación de vapor de agua	Gas LP	Consumo de gas LP por día para el consumo de vapor mediante esterilización	colones/día	Permite analizar el desempeño energético en función de la esterilización producida por energía gas LP en un día de demanda máxima.	₡ 116 550,18
Generación de vapor de agua	Electricidad	Consumo de electricidad por día para el consumo de vapor mediante esterilización	Colones/día	Permite analizar el desempeño energético en función de la esterilización producida por energía electricidad en un día de demanda máxima.	₡ 38 039,50

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5. Instalación de equipos Autoclaves con generador propio (opción aceptada por el centro de salud).

Recomendaciones y programa de implementación sugerido

Actualmente, el sistema de vapor Caldera Cleaver Brooks 70 BHP permite utilizar el vapor generado para distribuirlo únicamente a las transmisiones de las áreas de esterilización.

Como se observaron los indicadores anteriores, el desempeño energético en este particular escenario demuestra ineficiencia en el uso de la caldera debido a su baja demanda en vapor (menos de 25%).

El nuevo diseño aceptado para la generación de vapor ahora sería individualizado, es decir los sistemas de esterilización serían ahora autoclaves eléctricas con generador propio. Esto viene a justificar:

1. Las áreas de esterilización pueden optar ahora por tener redundancia en su función de esterilizar, es decir se analiza la opción (ver apéndice 17) de colocar al menos dos equipos autoclaves por área en el hospital, cumpliéndose la norma que los hospitales siempre deben de contar el servicio con disponibilidad al 100%, en caso de algún paro siempre contaría con otro sistema de respaldo.

2. Disminución de las emisiones directas de CO₂ para la promoción de la verificación de gases de efecto invernadero en el año 2020 según el plan nacional de energía y la norma ISO-14064-1:2018.

3. Plan de administración de la energía enfocada en sistemas sostenibles con el ambiente y economía circular.

4. Perspectiva definida en el ámbito sostenible en cuanto a la adquisición de nuevos proyectos (ver segunda oportunidad OCE).

Estudio técnico Para implementar se realizó un estudio de mercado para sistemas que cumplieran con la demanda y certificaciones de garantía. A continuación, los sistemas propuestos de dos proveedores, Meditek y Seyla. (ver apéndice 18)

Tabla 3.6. Características de la propuesta de los equipos autoclaves a instalar en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

Características (*más información en anexos)		Tuttnauer	Steris
Modelo		6990	HC600
Volumen y tamaño de cámara	Ancho(mm)	610	660
	Largo(mm)	915	660
	Alto(mm)	910	991
	Volumen (litros)	510	600
Generador de Vapor	Voltaje (V)	480	480
	Fases	3	3
	Potencia (kWh)	54	54
	Frecuencia	60	60
	Corriente Nominal (A)	65	65
Agua de entrada	Caudal de diseño para tubería principal (l/s)	49	49
	Caudal de diseño para tubería de enfriamiento de bomba desplazamiento positivo (l/s)	17	17

Fuente: Elaboración propia.

Método del cálculo de la instalación de equipos eléctricos

Se estima que cada autoclave que se instalará tiene un voltaje de 480 V trifásico con una potencia de 54kW. La instalación se procede siguiendo la norma del código eléctrico NEC para la garantía de cada equipo e instalación.

Tabla 3.7. Costo equipo requerido para conversión eléctrica del sistema de generación de vapor en las áreas de esterilización.

Costo de inversión Autoclaves con generador propio para una demanda promedio de 14 horas diarias en sistemas con capacidad de 510 litros.			
Descripción	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Autoclave Tuttnauer modelo 6990	4	₡ 78 000 000,00	₡ 312 000 000,00
Generador Tuttnauer 54kW	4	₡ 14 400 000,00	₡ 57 600 000,00
Sistema Economizador de Agua	4	₡ 9 000 000,00	₡ 36 000 000,00
Accesorios (carrito, bandeja, canasta)	4	₡ 18 000 000,00	₡ 72 000 000,00
Filtro biohazard	2	₡ 21 000 000,00	₡ 42 000 000,00
Instalación equipo autoclave	4	₡ 4 800 000,00	₡ 19 200 000,00
Cable Tipo THHN # 2 AWG (m)	394	₡ 2625,00	₡ 1 034 250,00
Cable Tipo THHN # 8 AWG (m)	110	₡ 1650,00	₡ 181 500,00
Cable Tipo THHN # 6 AWG (m)	25	₡ 1800,00	₡ 45 000,00
Breaker 90 A / 3P NEMA	3	₡ 130 000,00	₡ 520 000,00
Breaker 80 A/ 3P NEMA	1	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00
Varilla Copperweld 12,7 mm x 2,4m	4	₡ 6 750,00	₡ 27 000,00
Conector Varilla Copperweld 12,7 mm	4	₡ 1 350,00	₡ 5 400,00
Transformador Seco 45 kVA clase AA Square D modelo -EXN45T3H	1	₡ 175 350,00	₡ 175 350,00
Tablero 480 VAC 3 fases 200A 30 espacios	1	₡ 101 350,00	₡ 101 350,00
Accesorios			₡ 550 384,00
		Total	₡ 541 827 690,00

Fuente: Elaboración propia.

Análisis financiero

Se estima la inversión inicial de acuerdo con los datos de la Tabla AP2, así como también se estima un ahorro financiero en operación del sistema anterior que se encuentra en la tabla AP1 (ver apéndice 16 y 17).

Importante resaltar que la “ganancia” que proyecta el flujo financiero en la tabla 3.10 es la diferencia de gastos de operación del costo del ciclo de vida útil entre sistemas (gas LP y electricidad) que se muestra en el rubro “+ Ingresos” en el flujo financiero.

No existen gastos de ventas.

No existe impuesto sobre la renta al ser una institución pública como lo es la CCSS.

Tabla 3.8. Flujo Financiero de conversión eléctrica del sistema actual de generación de vapor por autoclaves con generador propio del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

Flujo Financiero (SIN Financiamiento) DEPRECIACIÓN LINEA RECTA											
CONCEPTO	PERIODO ANUAL										
	0 Año 0	1 Año 1	2 Año 2	3 Año 3	4 Año 4	5 Año 5	6 Año 6	7 Año 7	8 Año 8	9 Año 9	10 Año 10
Inversion Total	-€596,990,285.20										
Fijas	-€568,127,690.00										
Sistema de esterilización 4 Autoclaves con generador propio	-€541,827,690.00										
Disposición final Caldera Cleaver Brooks 70 BHP	-€26,300,000.00										
Intangibles	€0.00										
Capital Trabajo	€0.00										
Costos Totales	€28,862,595	-€28,862,595.20	-€28,862,595.20	-€28,862,595.20	-€28,862,595.20	-€28,862,595.20	-€28,862,595.20	-€28,862,595.20	-€28,862,595.20	-€28,862,595.20	-€28,862,595.20
a)Costos de Producción	€28,862,595										
b)Costos Administrativos											
c)Costo de Ventas											
d)Depreciación		-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00
4 Autoclaves Tuttnauer modelo 6990		-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00
4 Generadores Tuttnauer 54kW		-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00
+ Ingresos (diferencia operativa entre ambos sistemas gas lp y electricidad)		€48,147,995.16	€48,147,995.16	€48,147,995.16	€48,147,995.16	€48,147,995.16	€48,147,995.16	€48,147,995.16	€48,147,995.16	€48,147,995.16	€48,147,995.16
= Flujo antes de impuestos		-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04
- Impuesto sobre Renta		€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00
= Flujo después de Impuesto		-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04	-€17,674,600.04
+ Depreciación/ Amortizacion		€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00
Valor de Rescate											
Recuperacion Capital Trabajo											
FNE	-€596,990,285.20	€19,285,399.96	€19,285,399.96	€19,285,399.96	€19,285,399.96	€19,285,399.96	€19,285,399.96	€19,285,399.96	€19,285,399.96	€19,285,399.96	€19,285,399.96
VP	-€596,990,285.20	€14,834,923.05	€11,411,479.27	€8,778,060.97	€6,752,354.60	€5,194,118.92	€3,995,476.09	€3,073,443.15	€2,364,187.04	€1,818,605.41	€1,398,927.24
PRIFD	No hay recuperación	-€582,155,362.15	-€570,743,882.89	-€561,965,821.91	-€555,213,467.32	-€550,019,348.40	-€546,023,872.31	-€542,950,429.16	-€540,586,242.12	-€538,767,636.71	-€537,368,709.47
VAN(30%)	-€537,368,709.47										
TIR	No hay retorno de inversión										

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.9. Análisis de depreciación línea recta de activo Autoclave.

ANÁLISIS DE DEPRECIACION EN LINEA RECTA DE ACTIVOS (VIDA UTIL 10 AÑOS)						
	ACTIVO	TASA %	VALOR ACTIVO	DEPREC ANUAL	Depre Acum 10 años	VALOR RESCATE
Depreciacion Tangibles	4 Autoclaves tuttnauer modelo 6990	10	€312,000,000	€31,200,000	€0	€0
	4 Generadores Tuttnauer 54kW	10	€57,600,000	€5,760,000	€0	€0
	TOTAL		€369,600,000	€36,960,000	€0	€0

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los indicadores financieros se dice:

1. La conversión del sistema de gas LP a electricidad produce un ahorro anual en el análisis del ciclo de vida de ₡48 147 995,16 colones.
2. El proyecto genera un indicador VAN de negativo o menor a 0 para un período de 10 años.
3. El indicador PRIFD o período de recuperación de inversión en flujos descontados no recupera.
4. El indicador TIR o tasa de retorno de inversión no es posible en un período de 10 años.
5. El impuesto de renta no cubre instituciones públicas por lo tanto no genera flujos descontados.

Métodos de medición y verificación post implementación

Se recomienda mantener el monitoreo de los indicadores de desempeño energético propuestos en esta auditoría.

3.1.6. Oportunidades de conservación de la energía (OCE)

3.1.6.1. Oportunidad 1: Ahorro Energético en sistema colector de tanque de agua y panel térmico solar para el aumento de la energía sensible de 23,5°C a 60°C .

Recomendaciones y programa de implementación sugerido

El diseño de un sistema de generación de vapor por autoclaves con generador de vapor propio eléctrico permite evaluar las condiciones de oportunidad para conservar la energía. Para este sistema de generación de vapor actual, se le puede agregar un sistema térmico de colector de agua solar que permita ahorrar la producción de energía sensible en los sistemas autoclaves.

Visualizar el ahorro energético en función de un sistema economizador es una buena práctica de ingeniería; variable que aporta a todos los indicadores de la administración de la energía.

Se busca implementar un sistema colector por medio de paneles planos con configuración tipo parilla utilizando la transferencia de calor de manera más eficiente.

Se tiene un área de captación en el centro de servicios de 80 m² y para el centro de acopio 50 m². Lo anterior permite un rango de captación muy bueno por lo que el diseño de distribución de paneles no será una limitante en el proyecto y el caudal que será suministrado para un período de operación de 14 horas no afectará en el espacio del acumulador o tanque almacenamiento del fluido con temperatura de entrega. Ver apéndice 19.

Estudio técnico

La implementación se realizó en las dos áreas de esterilización con que cuenta el centro de salud en las autoclaves respectivas. El caudal de diseño es basado en la demanda de vapor en dichas áreas (ver sección 1.3 planteamiento del problema).

Tabla 3.10. Costo equipo requerido para la implementación del economizador al sistema de generación de vapor en las áreas de esterilización.

Equipo para producción de agua caliente por medio de energía solar para áreas de esterilización			
Cantidad	Descripción	Detalle	
		Cantidad	Descripción
1	Sistema Solar para calentamiento de agua, tipo forzado, con capacidad para 1000 litros	8	Colectores solares. Modelo ST 2000 Selective. Marca MEGASUN. Ver ficha técnica en anexos
		1	Tanque acumulador con intercambiador 1000 litros
		2	bomba de recirculación Bell&Gosset
		1	Control diferencial Gold Line GL-30.
		1	Materiales de instalación
		1	Mano de obra de instalación y puesta en marcha
		1	Transporte de los equipos al lugar de instalación
Equipo para producción de agua caliente por medio de energía solar para áreas de esterilización			
1	Sistema solar para calentamiento de agua, tipo termosifón, con capacidad para 300 litros	1	Colector solar. Modelo ST 2000 Selective. Marca MEGASUN. Ver ficha técnica en anexos
		1	Tanque solar de 300 litros
		1	Kit de instalación del circuito solar (colectores y tanque y viceversa)
		1	Mano de obra de instalación y puesta en marcha
		1	Transporte de los equipos al lugar de instalación
Suavizadores de agua			
2	Suavizadores de agua	2	ATPC-09-18 AquaTouch Pro Cabinet style water softener
		6	40 lb clean and protect pellets
		2	instalación
Diseño para loza			
1	Planche de cemento	1	Planche de cemento para una carga de 1500 kg
COSTO TOTAL			¢12 450 000,00

Fuente: Rilesa.

Métodos de medición y verificación post implementación

Se recomienda mantener el monitoreo de los indicadores de desempeño energético propuestos en esta auditoría.



Figura 3.6. Proceso de instalación del colector tipo panel plano en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega. Fuente: Elaboración propia.

La figura 3.6 muestra el diseño de colectores solares que suplen una carga térmica de $155\,030\text{ kJ/h}$ al día para una carga demandada de 1000 litros en el área de esterilización de centro de servicios de sala de operaciones. Ver apéndice 19.



Figura 3.7. Proceso de instalación del tanque interacumulador de calor en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega. Fuente: Elaboración propia.

Para el proceso de transferencia de calor se utiliza un diseño por medio de serpentín o intercambiador de calor de manera que son dos circuitos cerrados

donde luego de la adquisición de la energía térmica en su mayor parte por radiación se utiliza convección forzada para transmitirse al tanque que tiene una capacidad de 1000 litros.



Figura 3.8. Proceso de instalación colector tipo termosifón en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega. Fuente: Elaboración propia.

El área de acopio presenta según datos evaluados en la sección 1.3 se opera una carga de ~200,25 litros por día para esterilizar, por lo que el diseño del sistema colector solar se evaluó para 300 litros de capacidad.

La puesta en marcha del economizador promueve el ahorro energético para el flujo financiero final del SGE que será detallado en la sección 3.6.

Análisis de ahorro energético en kW/h

Se utiliza la potencia en términos de kJ/h como medio de cálculo para el ahorro energético.

$$Q_u = \dot{m}C_p(T_o - T_i)$$

Basado en lo anterior se puede calcular cuánta carga térmica es necesaria para elevar la temperatura del sistema.

$$Q_u = 1000 \text{ kg} \times 4,190 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (60^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C})$$

$$Q_u = 155\,030 \text{ kJ/h}$$

$$1 \text{ kW/h} = 3600 \text{ kJ/h}$$

El ahorro proyectado teóricamente sería de 43 kW/h.

Tabla 3.11. Ahorros energéticos teóricos proyectados en las áreas de esterilización con la puesta en marcha de colector de agua térmico solar.

Áreas de esterilización	Ahorro Energético proyectado (kW/h)
Centro de servicios (1000 litros)	43
Centro de acopio (300 litros)	12,9

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior sirve para destacar que la energía latente en kW/h desde 60°C hasta los 134°C para 1000 litros sería de 696,6 kW/h. Si se toma el dato anterior y se

comparará con el dato sin economizador sería de 739,7 kW/h. Por lo tanto, se puede estimar un ahorro energético de 6% del recibo eléctrico.

3.1.6.2. Oportunidad 2: Centralización del sistema de generación de vapor mediante una caldera eléctrica.

Recomendaciones y programa de implementación sugerido

El sistema de generación de vapor centralizado implica tener un mejor consumo energético con la ventaja de utilizar la energía latente como medio para transferencia de calor, más eficiente. Al ser una caldera 100% eléctrica no presenta emisiones directas de CO₂.

Estudio técnico

Solo se diseña la base de una implementación de un circuito de caldera de vapor.

Price List		
Model:	WDR1.5-1.0 Electric steam boiler	
Details	Rated steam evaporation	1.5T/H (1500kg/h)
	Rated steam pressure	1.0Mpa =10Bar
	Rated steam temperature	184 °C
	Rated inlet temperature	20 °C
	Design thermal efficiency	98%
	Power supply	220V or 480V/ 60HZ
	Total power	1054kw
	Dimension (mm)	2840*1450*1680
	Weight (KG)	1600

Figura 3.9. Cotización solicitada para implementación del sistema de caldera eléctrica de capacidad de 1500 kg/h para el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega. Fuente: Fudem.

Quotation	CIF Limon port price is USD: 31,535.00
Delivery Time	20 working days
Payment	30% T/T advance payment, 70% balance before delivery
Warranty	One year



Figura 3.10. Cotización solicitada para implementación del sistema de caldera eléctrica de capacidad de 1500 kg/h para el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega. Fuente: Fudem.

La descripción del sistema caldera eléctrica para 1500 kg/h de vapor de agua viene a dar solución a la descarbonización del uso de combustible fósil en el caso del hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega, donde presentan usuarios de vapor en áreas de cocina, lavado, secado y esterilización. Ver apéndice 19.

Análisis financiero

Se describe una inversión inicial de ¢18 921 000 del sistema caldera eléctrica.

Ahora bien, la operación del sistema requiere una potencia de 1054 kW por lo que el consumo a nivel teórico es alto con respecto a las conexiones de baja tensión que se pueden ver en la industria.

Para llegar a un acuerdo de conexión e implementación de estos sistemas tendría que existir un convenio país para obtener tarifas diferenciadas a los consumidores de corriente que opten por sistemas de calderas de cero emisiones.

3.2. Contabilización de reducción de gases de efecto invernadero

Para el cálculo del indicador ambiental se utiliza el factor de *emisión directa de CO₂* según la norma ISO-14064-1:2018 debido al uso del combustible gas LP. El factor de emisión es del año 2020 y se obtiene del plan nacional de energía 2015-2030 (MINAE,2015).

$$kg\ CO_2e = 1,665 \frac{kgCO_2e}{Litros\ Gas\ LP} * 574,2\ Litros\ Gas\ LP = 956,04\ kgCO_2e$$

Tabla 3.12. Resumen Indicador ambiental por consumo de gas lp en generación de vapor de agua.

Indicador ambiental	Unidades	Resultado	Valor
Emisiones directas de CO ₂ generados por Gas LP en Costa Rica	kg CO ₂	Permite conocer cuántos kilogramos de CO ₂ se redujeron debido a la conversión energética de gas LP a electricidad en generación de vapor.	956,04

Fuente: Elaboración propia.

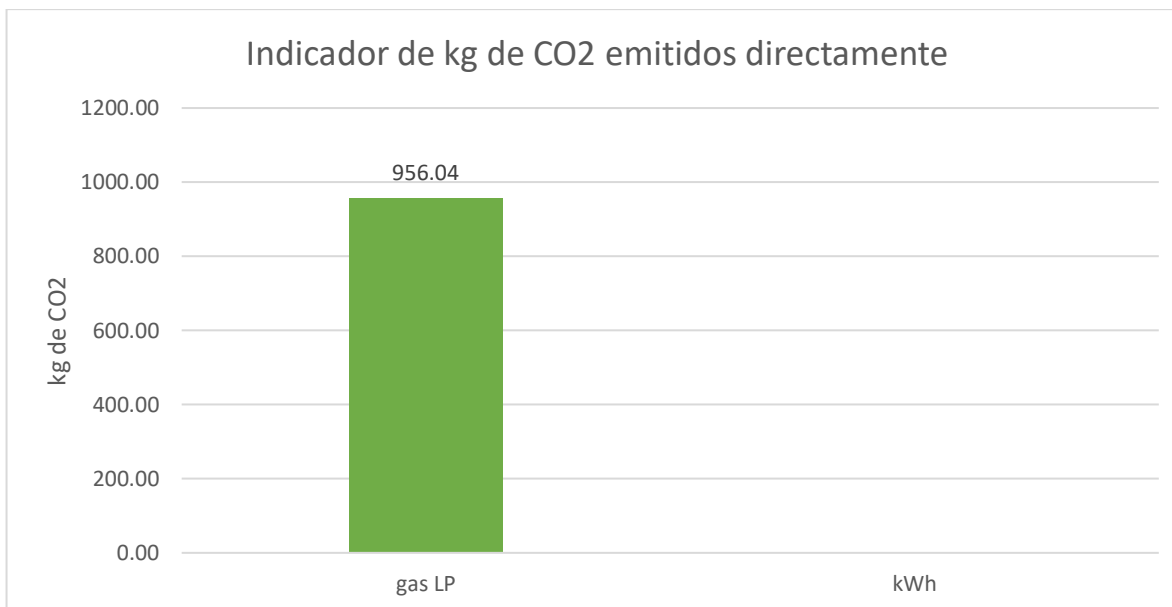


Gráfico 3.8. Comparación indicador kg de CO₂ emitidos directamente por día entre energías gas LP y electricidad como fuente de generación de vapor. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Análisis económico de la implementación del SGE basado en la norma INTE/ISO 50001:2018

Para este análisis se determina los costos de los requisitos mínimos para la implementación del sistema de gestión de energía. Además, se analizan los costos de implementación de las oportunidades de conservación (OCE) encontradas en la auditoría energética.

Tabla 3.13. Costo normas ISO para el SGE.

Descripción	Cantidad	Costo colones
Norma INTE/ISO 50001:2018	1	₡ 26 190,00
Norma INTE/ISO 50002:2018	1	₡ 26 190,00
Norma ISO 50006:2018	1	₡ 81 144,00
Total		₡ 133 524,00

Fuente: Elaboración propia.

Como parte de los requisitos mínimos para la implementación del SGE se debe adquirir las normas técnicas correspondientes, las cuales se muestran en la tabla 3.13.

Tabla 3.14. Costo de equipos requeridos para el SGE. Fuente: Elaboración propia.

Equipos requeridos	Cantidad	Costo colones
Sistema de medición	1	₡ 1 347 160,92
Computadora portátil de redacción	1	₡ 117 600,00
Total		₡ 1 464 760,92

Además, para la revisión energética y monitoreo de indicadores de desempeño energético se debe adquirir el sistema de medición y los equipos para gestionar estos indicadores, el costo de este requerimiento se aprecia en la tabla 3.14.

Tabla 3.15. Costo supuesto del personal ingenieril encargado del diseño del SGE.

Personal Ingenieril	Horas	Costo por hora	Costo total
Profesor Tutor Ingeniero	28	₡ 50 000,00	₡ 1 400 000,00
Alumno Ingeniería	315	₡ 3 000,00	₡ 945 000,00
Total			₡ 2 345 000,00

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se supone el costo de la mano de obra ingenieril requerida para la auditoría energética, diseño del SGE y los procedimientos requeridos. Esto se aprecia en la tabla 3.15.

Tabla 3.16. Costo de la inversión inicial para la implementación del SGE.

Descripción	Costo colones
Normas SGE	₡ 133 524,00
Equipos requeridos	₡ 1 464 760,92
Personal Ingenieril	₡ 2 345 000,00
Oportunidad de conservación 1	₡ 12 450 000,00
Total	₡ 16 393 284,92

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 3.16 resume el costo de la inversión inicial para la implementación del SGE con un nivel de madurez emergente.

Tabla 3.17. Flujos de efectivo implementación del SGE.

Flujo Financiero (SIN Financiamiento) DEPRECIACIÓN LINEA RECTA											
CONCEPTO	PERIODO ANUAL										
	0 Año 0	1 Año 1	2 Año 2	3 Año 3	4 Año 4	5 Año 5	6 Año 6	7 Año 7	8 Año 8	9 Año 9	10 Año 10
Inversion Total	-€611,651,814.41										
Fijas	-€568,127,690.00										
Sistema de esterilización 4 Autoclaves con generador propio	-€541,827,690.00										
Disposición final Caldera Cleaver Brooks 70 BHP	-€26,300,000.00										
Intangibles	€0.00										
Capital Trabajo	€0.00										
Costos Totales	€27,130,839	-€27,130,839.49	-€27,130,839.49	-€27,130,839.49	-€27,130,839.49	-€27,130,839.49	-€27,130,839.49	-€27,130,839.49	-€27,130,839.49	-€27,130,839.49	-€27,130,839.49
a)Costos de Producción (con el economizador) 6%	€27,130,839										
b)Costos Administrativos	€16,393,285										
Implementación del Sistema de Gestión (incluye OCE)	€16,393,285										
c)Costo de Ventas											
d)Depreciación		-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00	-€36,960,000.00
4 Autoclaves Tuttnauer modelo 6990		-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00	-€31,200,000.00
4 Generadores Tuttnauer 54kW		-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00	-€5,760,000.00
+ Ingresos (diferencia operativa entre ambos sistemas gas lp y electricidad)		€49,879,751.16	€49,879,751.16	€49,879,751.16	€49,879,751.16	€49,879,751.16	€49,879,751.16	€49,879,751.16	€49,879,751.16	€49,879,751.16	€49,879,751.16
= Flujo antes de impuestos		-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33
- Impuesto sobre Renta		€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00
= Flujo después de impuesto		-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33	-€14,211,088.33
+ Depreciación/ Amortizacion		€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00	€36,960,000.00
Valor de Rescate											€0.00
Recuperacion Capital Trabajo											€0.00
FNE	-€611,651,814.41	€22,748,911.67	€22,748,911.67	€22,748,911.67	€22,748,911.67	€22,748,911.67	€22,748,911.67	€22,748,911.67	€22,748,911.67	€22,748,911.67	€22,748,911.67
VP	-€611,651,814.41	€17,499,162.82	€13,460,894.48	€10,354,534.22	€7,965,026.32	€6,126,943.32	€4,713,033.33	€3,625,410.25	€2,788,777.12	€2,145,213.17	€1,650,163.97
PRIFD	No hay recuperación en 10 años	-€594,152,651.58	-€580,691,757.10	-€570,337,222.89	-€562,372,196.57	-€556,245,253.24	-€551,532,219.92	-€547,906,809.67	-€545,118,032.55	-€542,972,819.39	-€541,322,655.41
VAN(30%)	-€541,322,655.41										
TIR	No hay retorno de inversión en 10 años										

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los indicadores financieros se dice:

1. La conversión del sistema de gas LP a electricidad produce un ahorro anual en el análisis del ciclo de vida de ₡49 879 751,16 colones.
2. El proyecto genera un indicador VAN de negativo o menor a 0 para un período de 10 años.
3. El indicador PRIFD o período de recuperación de inversión en flujos descontados no recupera.
4. El indicador TIR o tasa de retorno de inversión no es posible en un período de 10 años.
5. El impuesto de renta no cubre instituciones públicas por lo tanto no genera flujos descontados.

Capítulo 4 Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

- 4.1.1.** El costo por operación y mantenimiento de ₡ 64 311 048,76 para el sistema de Caldera Cleaver Brooks y de ₡ 14 431 297,60 para los sistemas autoclaves representa el valor diferenciado en los costos de ciclo de vida útil en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.
- 4.1.2.** El valor de ₡116 550,18 y ₡ 38 039,80 para el sistema de vapor por gas lp y electricidad respectivamente muestra el desempeño energético diario en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.
- 4.1.3.** De las dos oportunidades de conservación de energía se redujo un 6% por cada sistema autoclave el consumo de facturación eléctrica.
- 4.1.4.** Sobre la disposición final de la Caldera Cleaver Brooks dejará una disminución de gases de efecto invernadero de CO₂ en emisión directa de 956,04 kgCO₂.
- 4.1.5.** La ganancia operativa neta de ₡ 22 748 911,61 al realizarse la conversión eléctrica promueve una estimación de ₡ 227 489 116,70 cada 10 años para un proyecto que tiene una vida útil de 25 años.

4.2. Recomendaciones

- 4.2.1.** Para un proceso de descarbonización en función al plan nacional de energía 2015-2030 se tiene que establecer un convenio con el Instituto Costarricense de Electricidad y el Ministerio de Ambiente y Energía para el uso de calderas eléctricas con una tasa diferenciada en el cobro del kW/h.
- 4.2.2.** La verificación de gases de efecto invernadero según la norma ISO-14064-1:2018 le permite a la empresa optar por bonos verdes en banco monetarios forestales para gestionar proyectos sostenibles con el ambiente.

Bibliografía

Silvia I. Acosta-Gnass y Valeska de Andrade Stempliuk. (2008). Manual de Esterilización para Centros de Salud. USAID.

(ND). Estructura y Funcionamiento de la Central de Esterilización. Complejo Hospitalario Universitario de Albacete.

FEHLMEX. (2013). Manual de Operación y mantenimiento Equipo AZ 243648 VE.

Dwyer, Tim. (2012). *Humidification - CIBSE Knowledge Series: KS19 - 6.2.1 Centrally Supplied Steam*. CIBSE. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00U1AR61/humidification-cibse/centrally-supplied-steam>

McDonnell, Gerald E.. (2007). *Antisepsis, Disinfection, and Sterilization - Types, Action, and Resistance - 5.2.1 An Introduction to Steam Sterilization*. American Society for Microbiology (ASM). Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt009K30A4/antisepsis-disinfection/an-introduction-steam>

Moran, Seán. (2018). *Applied Guide to Water and Effluent Treatment Plant Design - 8.3.1 Cooling Water Treatment*. Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011PEPJB/applied-guide-water-effluent/cooling-water-treatment>

Manivasakam, N.. (2011). *Practical Boiler Water Treatment Handbook - 32.2.1.5 Feed Water Pre-Treatment*. Chemical Publishing Company Inc.. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00CREGW2/practical-boiler-water/feed-water-pre-treatment>

VII plan nacional de energía 2015-2030, (2015).

NEC 2014. Código eléctrico nacional. Costa Rica.

ISO 19011, Guidelines for auditing management systems.

ISO 19600, Compliance management systems, Guidelines.

ISO 50002, Energy audits. Requirements with guidance for use.

ISO 50003. Energy management systems. Requirements for bodies providing audit and certification of energy management systems.

ISO 50004. Energy management systems. Guidance for the implementation, maintenance and improvement of an energy management system.

ISO 50006. Energy management systems. Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI). General principles and guidance.

ISO 50015:2014. Energy management systems. Measurement and verification of energy performance of organizations. General principles and guidance.

ISO 50047. Energy savings. Determination of energy savings in organizations.

Spirax Sarco. (ND). *Velocidades de Condensación*. TEC.

Armstrong. (ND). *Trampas de Vapor y Equipo para Trazas de Vapor*. Catalog S326.

Armstrong. (ND). Trampas de Vapor. Catálogo No. 108 – CS

Spirax Sarco. (2020). *Manual de usuario y cálculos*. Obtenido de <https://www.spiraxsarco.com>

Zavaleta, I. A. (2020). *Curso de Calderas*. San José.

MINAE. (2019). *Transición hacia el uso de calderas eléctricas*. Recuperado de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=89358&nValor3=117271&strTipM=TC

ARESEP. (2019). Tarifas eléctricas 2013-2019. Recuperado de https://aresep-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/multimedia_aresep_go_cr/ET6L4k-QyphAgLpEwSYeNegBbLvOGM7mF0n2vZxld_SGeQ?rttime=3GWf-KpY10g

Estrategia de transformación digital hacia la Costa Rica del bicentenario 4.0, (2018).

IMN. 2019. Factores de emisión gases efecto invernadero.

INTECO. 2018. INTE/ISO 50001:2018 Sistemas de gestión de la energía -requisitos con orientación para su uso.

INTECO. 2018. INTE/ISO 50002:2018 Auditorías energéticas – Requisitos con orientación para su uso.

International Standard Organization. 2014. ISO 50006:2014 Energy management systems —Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) —General principles and guidance.

K. Szajdzicki, & K. Szajdzicki. (2017). *Measuring & maintaining energy efficiency: SMART approach to implementing ISO 50001* doi:10.1109/EEEIC.2017.7977657

T. Fiedler, & P. Mircea. (2012). *Energy management systems according to the ISO 50001 standard — challenges and benefits* doi:10.1109/ICATE.2012.6403411

Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). *Industry 4.0 – A glimpse*. Recuperado de doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.034>

Anexos

A continuación, el levantamiento de datos y equipos que se encuentran actualmente instalados en este período de auditoría año 2020 en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.



 MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL CONSEJO DE SALUD OCUPACIONAL Depto. Medicina, Higiene y Seguridad Ocupacionales		 MINISTERIO DE SALUD OCUPACIONAL	
REVISION DE CALDERA			
Fecha de Inspección 14-06-16		Fecha vencimiento 14-06-17	
Registro 1170			
INFORMACIÓN GENERAL DEL USUARIO			
Nombre de la empresa: Hospital Carlos Luis Valverde Vega			
Dirección Exacta: San Ramón de Alajuela			
Provincia: Alajuela		Cantón: San Ramón	
Distrito: central			
TEL.	2456-9898	FAX	2456-9781
APDO.		E-MAIL	
Actividad económica: Hospital		Marca	
INFORMACIÓN GENERAL DEL FABRICANTE			
Nombre	Cleaver Brooks		Domicilio
421 Milwaukee, WIS 53201		Marca	Cleaver Brooks
Tel.	414 359 0600	Fax	
Apdo.		E-MAIL	
Categoría	C	Año Fabricación	1992
No fábrica o serie:		L-91352	
INFORMACIÓN GENERAL DE LA REVISION ANUAL DE LA CALDERA			
Estado general	satisfactorio		Presión de trabajo
793 KPa		Prueba hidráulica	
satisfactorio		Presión máxima	
1034 KPa		Prueba de vapor	
satisfactorio		Eficiencia /uniones	
90%		Presión Válvula Seguridad No. 1	
896 KPa		Presión Válvula Seguridad No. 2	
897 KPa		Tipo de combustible	
Gas LPG		Volumen del tanque	
12000 litros		Observaciones	
Se recomienda brindar el permiso de funcionamiento			
INSPECTOR AUTORIZADO C.F.I.A.C.R.		PATRONO O REPRESENTANTE LEGAL	
Nombre	Ing. Edgar González Ch.		Nombre
Ing. Rolando Carvajal		Firma	
Firma			
c. Original Expediente, Usuario, Ingeniero			

Figura A1. Permiso de funcionamiento de Caldera
 Cleaver Brooks 70 BHP. Fuente: Hospital Dr.
 Carlos Luis Valverde Vega



Suministros y Servicios Integrales SSI, S.A.
Servicios Ambientales y Mantenimiento Químico

Análisis de Gases de Combustión

Compañía: **HOSPITAL DE SAN RAMÓN**
Atención: Ing. Rolando Carvajal, Sr. Óscar Zumbado
Fecha: 1-Marzo-2012

Parámetro	Caldera	Caldera	Caldera
Modulación	Fuego Bajo	Fuego medio	Fuego Alto
O ₂ % Referencia	5,0	5,0	5,0
Temperatura neta °C	199	279	290
O ₂ %	4,1	4,2	4,4
CO (ppm)	OR	56	3
Eficiencia de combustión %	88,3	88,5	87,8
CO ₂ %	12,5	12,5	12,2
Temperatura de gases °C	223	308	320
Temperatura ambiente °C	27,1	27,5	27,9
CO/CO ₂	0,0962	0,0002	0,0000
Índice de Toxicidad %	10,02	0,01	0,00
Fracción de Aire %	23,6	24,8	25,9
Diferencial de Presión en la Chimenea (mbar)	0,15	0,22	0,28
CO (ppm) Referenciado CO ₂	OR	16	0
Pérdidas Energéticas Estimadas %	12,4	11,6	12,3
SO ₂ (ppm)	0	0	0
SO ₂ (ppm) Referenciado SO _{2n}	0	0	0
Combustible	Diesel	Diesel	Diesel
Opacidad Visual	ND	ND	ND

1. Análisis realizado con Kane May KM 900 PLUS (analizador electrónico de gases de combustión) calibrado previamente.
2. $CO/CO_2 \leq 0,004$ Caldera Limpia o Nueva; $0,008 \leq CO/CO_2 \leq 0,004$ Equipo requiere Limpieza o Calibración; $0,008 \leq CO/CO_2$ se requieren modificaciones mayores al sistema de combustión.
3. Eficiencia esperada para Calderas $\geq 80\%$ (Diesel); 80% (Bunker)

Lic. José Joaquín Ugarte Fernández, MBA
Químico, CFQIQ 1426
SUMINSTROS Y SERVICIOS INTEGRALES SSI, S.A.

Figura A2. Prueba de eficiencia Caldera Cleaver Brooks 70 BHP. Fuente: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega

INFORME DE INSPECCIÓN DE CALDERAS

Fecha de elaboración del informe: 13 junio 2017

Marque el trámite que se va a realizar con la presentación del Informe:

☒ Renovación
 ☐ Revisión extraordinaria
 ☐ Autorización de operación

1. DATOS GENERALES

Empresa: Hospital Carlos Luis Valverde Vega		CIU 8610-1
Actividad (es): Hospital de la CCSS		
Provincia: Alajuela	Cantón: San Ramón	Distrito: Central
Dirección: Cantón Central de San Ramón		
Correo electrónico: rcarvajal@ccss.sa.cr		Fax: 2456 - 9781

Propietario o Representante legal: Ing. Rolando Carvajal		
Tel: 2456 - 9898	Fax: 2438 – 7689	Apartado Postal:
Correo Electrónico: rcarvajal@ccss.sa.cr		

Permiso Sanitario de Funcionamiento: CO-DARS-SR-ACIE-2400-2015	Rige: 18-12-2015	Vence: 18-12-2020
---	-------------------------	--------------------------

Nombre del operador de la caldera:	Greivin Castillo Campos
---	--------------------------------

Frecuencia de presentación del Reporte Emisiones: NO APLICA	Anual ()	Semestral ()
Fecha del último reporte operacional presentado: no aplica caldera gas LPG tipo C.		
N° del análisis físico químico: no aplica		

Nombre de Responsable de Evaluación de Calderas: Edgar González Chacón		
Tel: 8306 - 4947	Fax: 2219 – 1616	Apartado Postal:
Correo Electrónico: tecnico@reteca.co.cr		N° Registro: DSA-NSA-REC-008-2017

Medio de notificación elegido para recibir la resolución del trámite:	
<i>El usuario debe anotar claramente el medio de notificación:</i>	<i>tecnico@reteca.co.cr</i>

2. DATOS DE LA CALDERA INSPECCIONADA

Nombre o Marca:	Cleaver Brooks	N° Fábrica o Serie:	L-91352
Año de fabricación:	1992	N° de Registro o Placa:	1170
Año de instalación:	1993	Presión Máxima de Trabajo (kPa):	793,00
Combustible:	Gas LPG	Tipo de caldera:	pirotubular
Categoría:	C	Nombre con el que se le conoce en la empresa:	

Otras descripciones de la caldera: ninguna.

3. RESULTADOS DE LAS INSPECCIONES

3.1 Inspección general

Cuarto de calderas con una adecuada distribución, limpio y condiciones aceptables.

Extintor en el sitio y con fecha de expiración correcta.

3.2 Inspección externa

Forro externo de acero en condiciones aceptables.

Accesorios periféricos funcionando correctamente.

Inspección externa correcta conforme a lo establecido en los artículos 61 a 76

3.3. Inspección interna

Inspección interna correcta conforme a lo establecido en los artículos 77 a 83.

Los tubos de flux del lado del agua con ligera incrustación de incrustaciones.

3.4. Prueba hidrostática

Presión a la que se sometió la caldera (kPa): 1190 Kilopascales (172 psi)

Observaciones:

De acuerdo con el reglamento se procedió a subir la presión un 150% de la presión normal de trabajo. No se detectaron fugas en los tubos de FLUX ni en las soldaduras. La caldera mantiene la presión por varios minutos sin bajar.

3.5. Prueba de vapor

Arranque de la caldera correcto, se cierra la válvula de salida principal de vapor, la caldera llega hasta la presión de corte por trabajo (793 kilopascales) y la caldera se apaga correctamente.

Se procede a intervenir el presurectrol de trabajo, la caldera se acciona nuevamente y corta por seguridad (890 kilopascales).

Se procede a intervenir el presurectrol de seguridad, se acciona la caldera nuevamente y las válvulas de seguridad se abren a 896 kilopascales la primera y a 898 kilopascales la segunda.

Prueba de vapor satisfactoria.

3.6. Prueba de sistemas de seguridad

Todos los sistemas de seguridad de la caldera están operando y en buenas condiciones.

4. INFORMACIÓN DE TRATAMIENTO QUÍMICO DE AGUAS

4.1 Indique la forma en la se realiza la disposición final de las aguas residuales:

- () Alcantarillado sanitario
- (x) Sistema de tratamiento de aguas residuales
- () Cuerpo de agua (río, quebrada)
- () Alcantarillado pluvial

4.2. Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales:

Las aguas residuales van a dar a la planta de tratamiento del hospital.

4.3 Código del SIRROAR: ROC_DARSSAR_11.

5. MODIFICACIONES, CAMBIOS Y REPARACIONES

Se instalan dos nuevas válvulas de seguridad.

6. RECOMENDACIONES Y JUSTIFICACIONES TÉCNICAS

Se recomienda brindar el permiso de funcionamiento para el período 2017 – 2018.

La caldera es de combustible gas LPG y tipo C, exenta del reporte de emisiones.

7. NOMBRE Y FIRMA:

Responsable de Evaluación de Calderas
Edgar González Chacón

Representante legal

Rolando Carvajal

Notas

1.El responsable de la evaluación de la caldera debe verificar que la empresa está cumpliendo con lo estipulado en el Decreto 36551-S-MINAE “Reglamento sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos Provenientes de Calderas y Hornos de Tipo Indirecto” En lo que se refiere a la presentación obligatoria de los reportes operacionales de los contaminantes atmosféricos de las calderas.

Cumplir con lo que establece el Decreto 33601-S-MINAE “Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales” en lo relacionado a reportes operacionales de aguas residuales.

-----FINAL DE ESTE INFORME DE INSPECCIÓN DE CALDERAS-----

DECLARACIÓN JURADA PARA EL TRÁMIRE DE SOLICITUD DE RENOVACIÓN DE AUTORIZACION DE OPERACIÓN DE LA CALDERA

Señores
Dirección de Salud Ambiental
Unidad Control en Salud Ambiental
Ministerio de Salud

Estimados señores:

Nosotros los abajo firmantes, en nuestra condición de Representante legal o Apoderado, Propietario y Profesional Responsable de Evaluación de Calderas, conforme a lo que establece el Decreto Ejecutivo No. 40306-S-MTSS “**REFORMA AL DECRETO EJECUTIVO N° 26789-MTSS**”, publicado en el Alcance No. 90, de La Gaceta del miércoles 26 de abril 2017; solicitamos el trámite de renovación de operación de calderas, para lo cual anotamos los datos solicitados en dicho Reglamento:

1. Datos de la empresa:

Consecutivo del informe: 01
Fecha de Inspección: 08-06-2018
Fecha de elaboración del informe: 09-06-2018
Usuario: Hospital Carlos Luis Valverde Vega.
Código CIU: 8610-1
Actividad: centro hospitalario de la CCSS.
Provincia, Cantón y Distrito: Alajuela, San Ramón, Central.
Dirección: cantón Central de San Ramón.
Correo electrónico: rcarvajalm@ccss.sa.cr
Nombre del operador de la caldera: Greivin Castillo Campos
Frecuencia de presentación del Reporte de Emisiones: NA, caldera de gas LPG tipo C.
Fecha del último reporte operacional presentado: NA.
Información del responsable de la caldera ante CCSS: Ing. Rolando Carvajal Montes
Información del Responsable de Evaluación de Calderas: Ing. Edgar González Chacón, DSA-NSA-REC-008-2017.

2. Datos de la caldera

Número de Autorización de Operación de Calderas: DPAH-UASSAH-AOC-003-2017
Fecha de emisión y vencimiento de la autorización: emisión 27-07-2017, renovación 27-07-2018
N° de Registro o Placa: 1170.
Número de Fábrica: L-91352.
Número de Serie: L-91352.
Marca: Cleaver Brooks.

Tipo de Caldera: pitotubular.

Categoría: C.

Presión Máxima de Trabajo: 725 kPa.

Nombre con el que se le conoce en la empresa: NA

Año de instalación: 1993.

Año de fabricación: 1992.

Tipo de Caldera: Acuatubular () Igneotubular (X) Eléctrica ()

Fluido calentado: agua.

Horario de Operación: de lunes a sábado 24 horas al día, domingo no trabaja.

Nombre con que se conoce la caldera en la empresa: NA

Combustible: gas LPG.

Consumo de combustible LPG (kg/h): 0.4 Kg/hr.

Capacidad producción de vapor: 1.568,10 kg/h de vapor saturado.

3. Condiciones de Operación de la Caldera: las pruebas tanto hidrostática como de vapor de la caldera satisfactoria, operación de la caldera óptima.

4. Plan de mejoras: no procede.

5. Cada año se presentará ante la Dirección de Salud Ambiental la “Declaración Anual de Operación de Calderas.

6. Declaramos bajo fe de juramento y que de no decir la verdad incurrimos en perjurio sancionado con pena de prisión según el Código Penal y consciente de la importancia de lo aquí anotado. Por lo anterior, quedamos apercibidos de las consecuencias legales y judiciales, con que la legislación castiga el delito de perjurio. Asimismo, exoneramos de toda responsabilidad a las autoridades del Ministerio de Salud por el otorgamiento del certificado de renovación de operación de calderas, otorgado con base en la presente declaración y somos conocedores de que si la autoridad de salud llegase a corroborar alguna falsedad en la presente declaración, errores u omisiones en el sitio, mediante el “Informe Inspección de Calderas”, para que cuando funcionarios del Ministerio de Salud así lo soliciten durante la inspección para su respectiva verificación y cumplimiento. Aceptamos los actos administrativos conforme lo establece la Ley General de Salud.

Es todo. Firmamos en el Hospital Carlos Luis Valverde Vega a las 11:00 am horas del día 08 del mes de junio del año 2018.

Responsable de Evaluación de Calderas

Responsable de la caldera ante la CCSS

-----FINAL DE DECLARACIÓN JURADA PARA EL TRÁMIRE DE
SOLICITUD DE RENOVACIÓN DE AUTORIZACIÓN DE OPERACIÓN DE LA
CALDERA -----

DATOS FACILITADOS

Durante el levantamiento de datos, el personal de mantenimiento del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega ayudó para conseguir la ubicación de la información de los datos de placa de cada dispositivo que va en función del circuito de generación de vapor.

PLACA CARACTERISTICA DE LA CALDERA GLP

<i>Marca</i>	CleaverBrooks
<i>Máxima presión de trabajo</i>	150 psi (10.3 Bar)
<i>Producción nominal</i>	2.343.000 BTU/HR (70 CC)
<i>Tipo combustible</i>	PROPANO (GLP)
<i>Entrada mínima</i>	732.000 BTU/HR (22 CC)
<i>Entrada máxima</i>	2.929.000 BTU/HR (88 CC)
<i>Presión en el colector</i>	6 IN W.C (0.22 psi)
<i>Presión de entrada</i>	3.37 – 138.5 IN W.C (0.14 – 5 psi)
<i>Nivel de emisión de NOX</i>	UC

PLACA CARACTERÍSTICA DEL MOTOR TIRO FORZADO CALDERA GLP

<i>HZ</i>	60
<i>HP</i>	2
<i>RPM</i>	3470
<i>VOLT</i>	200 – 230 / 460
<i>FLA</i>	6 – 5.4 / 2.7
<i>SF</i>	1.15
<i>FLEF</i>	81%
<i>FLPF</i>	0.86
<i>PH</i>	3

PLACA CARACTERÍSTICA DEL MOTOR DOSIFICADOR CALDERA GLP

<i>HP</i>	0.2
<i>VOLT</i>	120
<i>FLA</i>	1.4
<i>PH</i>	1

PLACA CARACTERÍSTICA BOMBA DE AGUA CALDERA GLP

<i>HZ</i>	60
<i>HP</i>	5
<i>RPM</i>	3450
<i>VOLT</i>	208 – 230 / 460
<i>FLA</i>	13.5 – 12.4 / 6.3
<i>SF</i>	1.0
<i>FLEF</i>	85%
<i>FLPF</i>	0.85
<i>PH</i>	3



Figura A3. Autoclave marca MATACHANA usuario de vapor de la caldera Cleaver Brooks. Fuente: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega

La autoclave MATACHANA está ubicada en centro de servicios. Es el centro de esterilización para las áreas limpias de sala de operaciones. Esta autoclave ya se encuentra fuera de su ciclo de vida útil.



Figura A4. Autoclave marca YAN TAN MIN usuario de vapor de la caldera Cleaver Brooks. Fuente: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega

La autoclave YAN TAN MIN está ubicada en centro de acopio. Es el centro de esterilización para de residuos hospitalarios. Esta autoclave ya se encuentra fuera de su ciclo de vida útil y también cuenta con un generador de vapor de 208V, la cual la administración del Hospital durante la auditoría desconectó de la caldera Cleaver Brooks y la dejó funcionando con el generador propio.

Diagrama conceptual de distribución actual de vapor Caldera Cleaver Brooks en el año 2020.

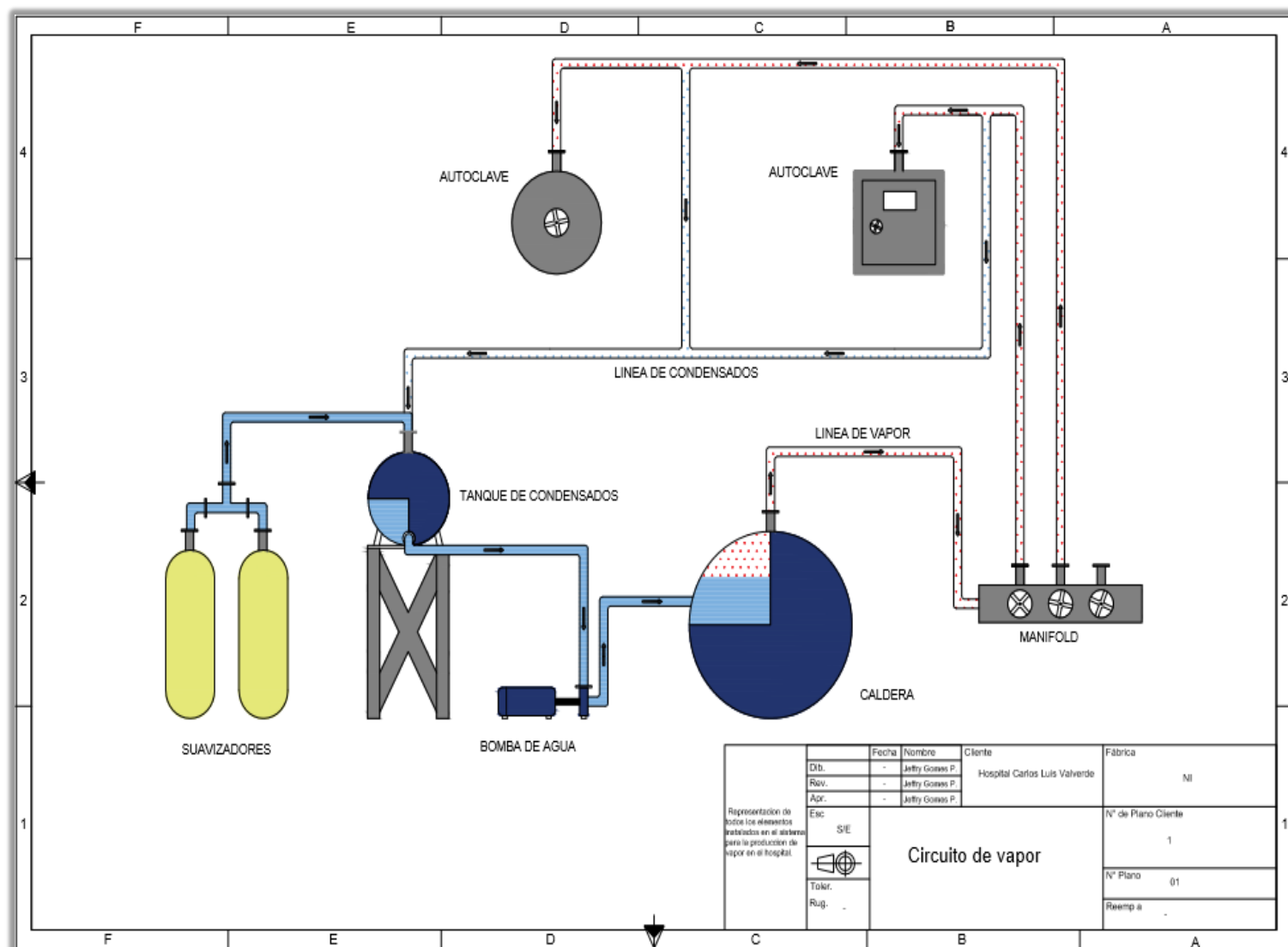


Figura A5. Diagrama de distribución actual de vapor año 2020 por caldera Cleaver Brooks 70 BHP. Fuente: Ing. Jeffrey Gómez en Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega

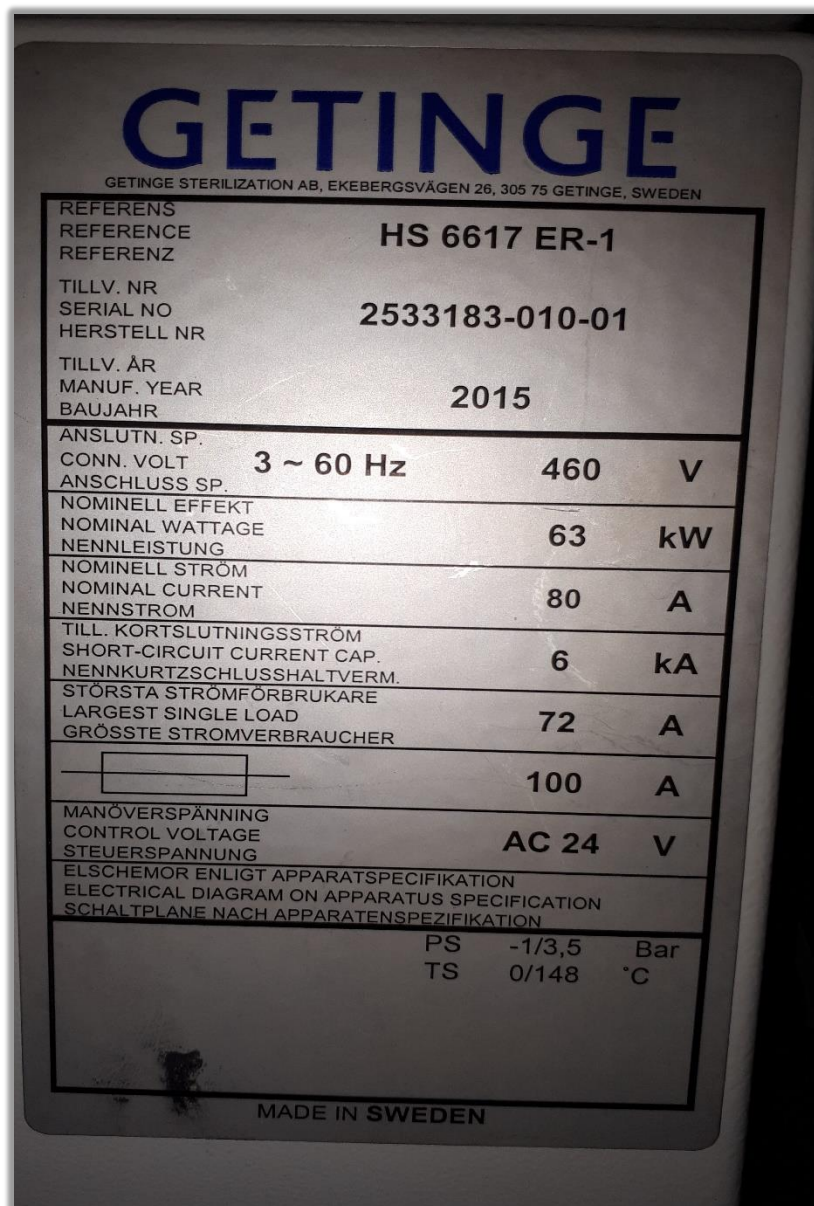


Figura A6. Autoclave marca GETINGE eléctrica con generador de vapor propio. Fuente: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega

La autoclave GETINGE 100% eléctrica está ubicada en centro de servicios. Es el centro de esterilización para las áreas limpias de sala de operaciones. Esta autoclave fue enviada de nivel central CCSS para el hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega para soportar la redundancia necesaria y demanda del área de servicios.


HS66		Consumption / cycle *						Peak / h	Comments
Description	Supply	Connection	6606	6610	6613	6617	6620		
Cold water	3 - 6 bar	1/2" DN 15	258 liter	284 liter	361 liter	424 liter	485 liter	2500 liter	Temp 20°C**, <4dH (0.7 mmol/l)
Cold water with ECO	3 - 6 bar	1/2" DN 15	194 liter	206 liter	269 liter	312 liter	367 liter	2300 liter	
Cold water with ECO & recycling	3 - 6 bar	1/2" DN 15	24 liter	23 liter	31 liter	36 liter	44 liter		
Plant steam	2.5 - 2.7 bar	3/4" DN 20	8 kg	16 kg	20 kg	23 kg	26 kg	90 kg	N/A if steam generator/converter
Compressed air	6 - 8 bar	3/8" DN 10							Air to be free of oil & water
Drain		1 1/2" DN 40	266 liter	300 liter	381 liter	447 liter	511 liter	2650 liter	Max discharge temp 70°C
Electrical connection	3x200V 50 Hz		16 A fuse	16 A fuse	16 A fuse	25 A fuse	25 A fuse		TN-C system; 3 phases + protective earth (PE)
	3x200V 60 Hz		20 A fuse	20 A fuse	20 A fuse	25 A fuse	25 A fuse		
	3x230V 50 Hz		16 A fuse	16 A fuse	16 A fuse	16 A fuse	16 A fuse		
	3x230V 60 Hz		20 A fuse	20 A fuse	20 A fuse	20 A fuse	20 A fuse		
	3x400V 50 Hz		10 A fuse	10 A fuse	10 A fuse	16 A fuse	16 A fuse		TN-C system; 3 phases + protective earth (PE) N/A if electrical steam generator
	3x400V 60 Hz		16 A fuse	16 A fuse	16 A fuse	16 A fuse	16 A fuse		
	3x415V 50 Hz		10 A fuse	10 A fuse	10 A fuse	16 A fuse	16 A fuse		
	3x415V 60 Hz		16 A fuse	16 A fuse	16 A fuse	16 A fuse	16 A fuse		
HS6606 - HS6613			0.7 kWh	0.9 kWh	1.0 kWh			2.5 kW	
HS6617 - HS6620						1.1 kWh	1.2 kWh	3.0 kW	
Process time			0:34 h	0:45 h	0:49 h	0:50 h	0:57 h		
Integral electrical steam generator									
Cold water	3 - 6 bar	1/2" DN 15	9 liter	17 liter	21 liter	24 liter	27 liter	750 liter	Temp 20°C, <4dH (0.7 mmol/l)
Drain with steam generator								7000 liter	Drain pipe shall have cooling facilities
Electrical connection	3x200V 50/60 Hz		2x80 A	2x80 A	2x80 A	—	—		TN-C system; 3 phases + protective earth (PE)
	3x230V 50/60 Hz		100 A	100 A	100 A	—	—		
	3x400V 50/60 Hz		80 A	80 A	80 A	100 A	100 A		
	3x415V 50/60 Hz		80 A	80 A	80 A	100 A	100 A		
6606 - 6613			12.5 kWh	16.0 kWh	18.7 kWh			43 kW	
6617 - 6620						20.4 kWh	20.7 kWh	64 kW	
Integral steam-to-steam converter									
Cold water	3 - 6 bar	1/2"	9 liter	17 liter	22 liter	24 liter	27 liter	1800 liter	Temp 15°C, <4dH (0.7 mmol/l)
Plant steam	5,5 bar	3/4" DN 20	17.5 kg	25.0 kg	27.5 kg	27.8 kg	28.5 kg		
Chamber			4 Ste	6 Ste	8 Ste	10 Ste	12 Ste		1 Ste = 600x300x300 mm
Heat generation***		Service area	1600 W	2100 W	2100 W	2500 W	2500 W		Front door closed/open; + 500/1400 W. Steam generator: + 800W
Sound power level / Maximum impulsive noise index			76dBA/+4	75dBA/+10	72dBA/+10	79dBA/+5	76dBA/+3		
Weight			650 kg	810 kg	900 kg	1060 kg	1180 kg		Steam generator 150 kg
Usable space	W x H x D	660 x 660 x	660	1000	1300	1700	2000		
Intake dimension ****	W x H x D	1430 x 1980 x	1010	1350	1650	2050	2350		Connection boxes -facing sideways W=1060
Notes: Coldest spot in chamber is 80 mm below chamber floor Environmental classification is class B acc. to EN 61326 (89/336/EEC (EMC)) Please refer to the sterilizer installation manual and sterilizer installation drawing before installing the equipment * Values for consumption according to EN 285-26.6 (7.5 kg 100% cotton per ste) and process 134° - 4 min ** To comply with EN 285 a vacuum depth <70mbar shall be reached (thus water temperature may be ~15°C) *** Total thermal power is service area + front door closed or opened + steam generator if applicable **** The intake width is possible to changes temporarily to 900 mm					No Revision 04 TN-C, fuses 400-415V 2007-09-20 FSN 05 EMC class & sound level 2008-09-01 TG 06 ECO consumption 2009-03-20 LR 07 Water steamgen/Conv.adj 2009-10-13 JOB 08 Plant Steam peak adj. 2009-11-30 JOB 09 R6619 2010-05-31 BB 10 R8506 2012-11-07 LR		566 25 89		

Figura A7. Autoclave GETINGE Ficha Técnica. Fuente: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

Ahora, se procederá a detallar la propuesta de fichas técnicas de las nuevas autoclaves tanto para el área de centro de acopio como para el área de servicios, las marcas propuestas son Tuttnauer y Steris:

AUTOCLAVE TECHNICAL SPECIFICATION

69 Large Capacity Sterilizer Series



FEATURE SUMMARY

- Chamber volume from 510 to 1010 liters
- Design pressure meets ASME and PED requirements
- Temperature range 105 °C (221 °F) to 138 °C (280 °F)
- 54 kW / 72 kW electrical steam generator or external steam source
- User friendly control system with touch screen display
- 30 Programs: 8 factory set programs, 2 test programs, 20 programmable cycle programs
- cycle programs
- Built-in printer
- Ethernet connection port for PC access via network
- USB port to download cycle data to memory device
- Pressure gauges on front panel
- 316L stainless steel chamber and door
- Chamber has a mirror-like finish
- Stainless steel piping
- Conforms to Medical Device Directive 93/42 EEC and PED 97/23 EC, FDA Clearance
- Conforms to standards: ASME, AAMI/ANSI-ST8, EN 285, UL
- Company approved for 21 CFR 820, ISO 9001:2008 and ISO 13485:2003 (Medical Devices)
- Optional configurations available

DEVICE PICTURE




Figura A8. Autoclave marca TUTTNAUER eléctrica con generador propio. Fuente: Empresa Seyla SA.

AUTOCLAVE TECHNICAL SPECIFICATION

69 Large Capacity Sterilizer Series



PRODUCT SPECIFICATION

CHAMBER VOLUME & SIZE

MODEL	CHAMBER DIMENSIONS (mm)			VOLUME (liter)
	Width	Height	Depth	
6990			915	510
69120			1215	680
69150			1515	840
69180			1815	1010

DOOR SELECTION

- Single door
- Double door (pass through)
- Right hinged (control panel on left, automatic locking)
- Left hinged (control panel on right, automatic locking)
- Automatic horizontal sliding (control & piping on right side)
- Automatic horizontal sliding (control & piping on left side)

All automatic doors have a robust hydraulic mechanism for operating doors.

SERVICE ACCESS

From loading side and left or right side.

INSTALLATION SELECTIONS

- Installed in a wall [Single Door]
- Cabinet enclosure [Single Door]
- Cabinet enclosure through one wall [Double Door]
- Installed through two walls [Double Door]

VOLTAGE SUPPLY

Three phase or one phase electricity supply is available.

- 415V 3 Phase with Neutral
- 380V / 400V 3 Phase with Neutral
- 230V 3 Phase with Neutral
- 208V 3-Phase with or without Neutral
- 220V / 230V 1 Phase *
- 110V / 115V 1 Phase *

* Must have building steam supply (optional vacuum by ejector)

Frequency: 50 Hz or 60 Hz

MODEL	STEAM GENERATOR POWER (kW)
6990	54
69120	72
69150	
69180	

Customized electrical specifications are available (additional cost).

LANGUAGE

The operator display is available in 26 languages including: English, Spanish, German, Dutch, Russian, Chinese, Arabic.

STANDARDS AND CODES

Tuttnauer products meet the following provisions and standards:

Europe:

EN285: 2006+A2:2010 for Large Autoclaves

USA:

ANSI/AAMI - ST 8: 2008 – Hospital Sterilizers


Directives & Guidelines:

97/23/EC - Pressure Equipment Directive
2002/95/EC - RoHS Directives
2004/108/EC - Electromagnetic compatibility


Figura A9. Autoclave marca TUTTNAUER eléctrica con generador de vapor propio. Fuente: Empresa Seyla SA.

Como paso siguiente de la instalación de las autoclaves eléctricas se instalarán los economizadores o paneles térmicos calentados por energía de radiación. Este proyecto fue presentado por el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega durante el periodo de auditoría donde se justifica su uso.

0010



CAJA COSTARRICENSE SEGURO SOCIAL
HOSPITAL DR. CARLOS LUIS VALVERDE VEGA
SERVICIO INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO
"UNA INSTITUCIÓN COMPROMETIDA CON EL BUEN TRATO"
TEL: 2456-97-81 FAX: 2456-9856



Justificación Proyecto

"Suministro e instalación de sistemas de colectores solares para la producción de agua caliente por medio de energía solar térmica para las autoclaves del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega"

Objetivo y cantidad	"Suministro e instalación de sistemas de colectores solares para la producción de agua caliente por medio de energía solar térmica para las autoclaves del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega"
Periodo	2020.
Consumo	Los sistemas y equipos serán utilizados a diario para la prestación de los servicios a nivel nosocomial.
Interés público a conservar	El bienestar y promoción de la salud de los pacientes en general.
Finalidad pública satisfacer	<p>Se requiere la adquisición de estos sistemas para la implementación de producción de agua caliente por medio de energía solar térmica, lo que es de gran importancia, ya que generara grandes beneficios para este nosocomio tanto a corto como a largo plazo.</p> <p>Actualmente, las autoclaves son alimentadas por medio de la caldera ubicada en casa de máquinas, lo que genera gran consumo de energía eléctrica y combustible, al adquirir estos sistemas de energía renovable se va a lograr la reducción de estos consumos ya que se generaría una autonomía total de funcionamiento de las autoclaves al no depender de la red de vapor existente en el Hospital, ya que contará con la instalación de un suministro de agua caliente por medio de energía solar térmica para su generador de vapor, lo que genera un ahorro energético y del consumo eléctrico del hospital.</p> <p>Así mismo, y sumado a que a nivel central de la institución se está realizando un proyecto para el reemplazo de autoclaves, se realizaría una mejora tanto en el equipamiento como en los suministros de los cuales ellas estarán alimentadas.</p> <p>Esta compra, generara la reducción del impacto ambiental en la huella de carbono generada por el hospital y a la vez, fomentara la utilización de energías renovables en las aplicaciones de los servicios de salud.</p>

Figura A10. Justificación de Proyecto Economizadores-Colectores Solares. Fuente: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega

Para la elevación de la temperatura del agua previamente suavizada, o dicho de otra manera suministrarle energía sensible al sistema de agua $Q = m \times C_p \times \Delta T$.

Por lo tanto, se muestran las fichas técnicas de los sistemas propuestos.



Figura A11. Colector Solar Tipo Panel Plano. Fuente: Ing. Stephan Freist Sonsolar

Captador		VSH 2200	VSH 2600	HSH 2200	HSH 2600
Código		2002000	2002001	2002002	2002003
Colocación		Vertical		Horizontal	
Área útil	m ²	2.00	2.33	2.00	2.33
Área absorbedor	m ²	2.00	2.33	2.00	2.33
Alto	mm	2089	2089	1069	1234
Ancho	mm	1069	1234	2089	2089
Fondo	mm	98	98	98	98
Área bruta	m ²	2.22	2.58	2.22	2.58
Peso en vacío	Kg	31	34.4	31.5	39.8
Volumen de fluido	l	1.19	1.34	1.54	1.66
Régimen de presiones	bar	Presión de prueba: 20 bar Presión máx. de trabajo: 10 bar			
Rango de caudales	l/h·m ²	30.0 - 115.0			
Temp. estancamiento	°C	214.8	214.8	214.8	214.8
Potencia pico(G=1000 W/m ²)	W	1544	1799	1544	1799
Norma homologación		EN 12975-1:2006 EN 12975-2:2006 ISO 9806:2013			
Curva respecto		Área bruta			
Rendimiento óptico	%	69.8			
Pérdidas K1	W/m ² ·K	3.401			
Pérdidas K2	W/m ² ·K ²	0.013			

Figura A12. Ficha Técnica de Colector Solar Tipo Panel Plano. Fuente: Ing. Stephan Freist Sonsolar

Para la aplicación en sitio donde se va a generar la elevación de temperatura de agua sería sobre una estructura de techo, de forma que se seleccionan paneles horizontales. Esta aplicación tipo panel plano por la absorptividad de las primeras capas (vidrio bajo en hierro con 0,95) llegará a tener una eficiencia de 75%. Por lo tanto, se tiene utilizando la configuración anterior una generación de flujo de calor de 3,5 kWh por metro cuadrado abarcado con los paneles.

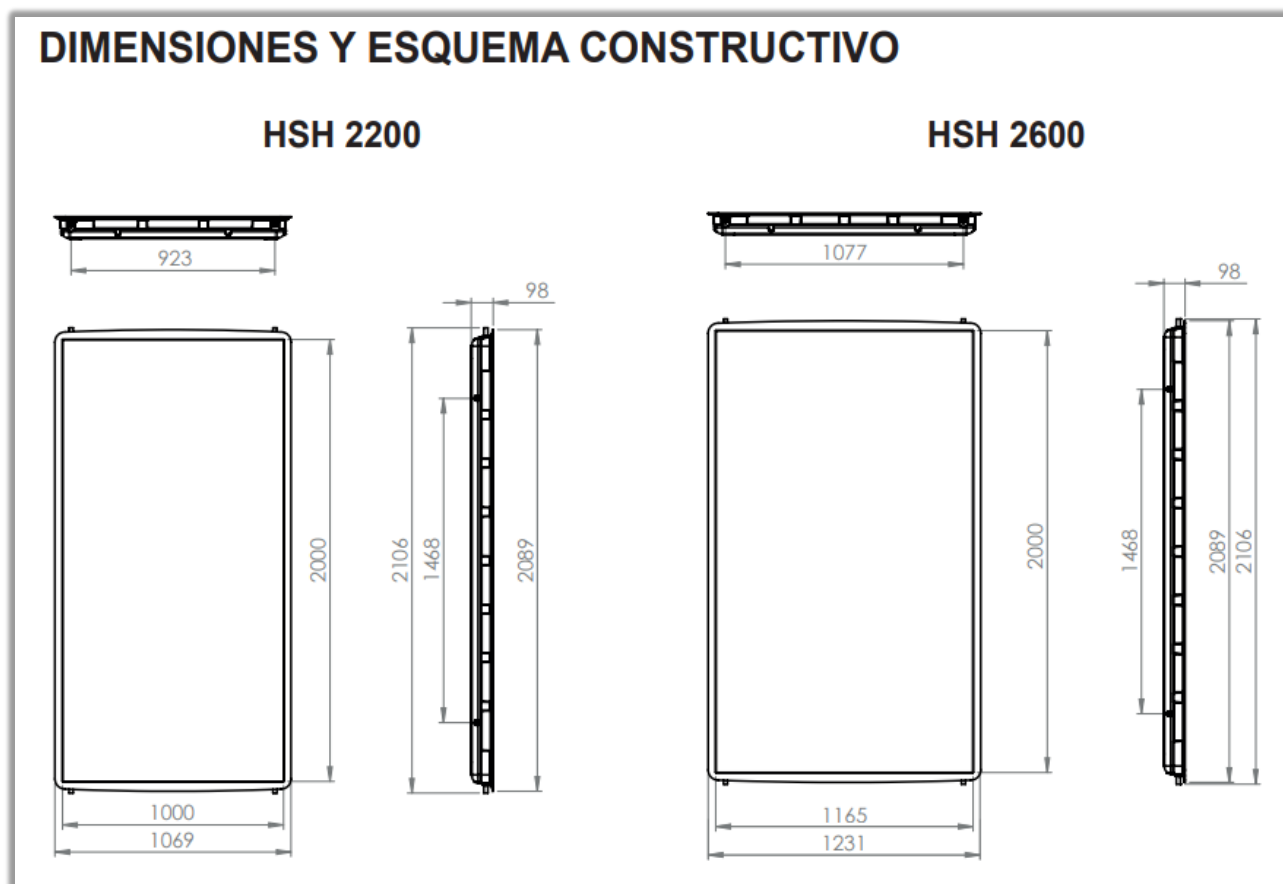


Figura A13. Dimensiones del colector solar tipo panel plano. Fuente: Ing. Stephan Freist Sonsolar

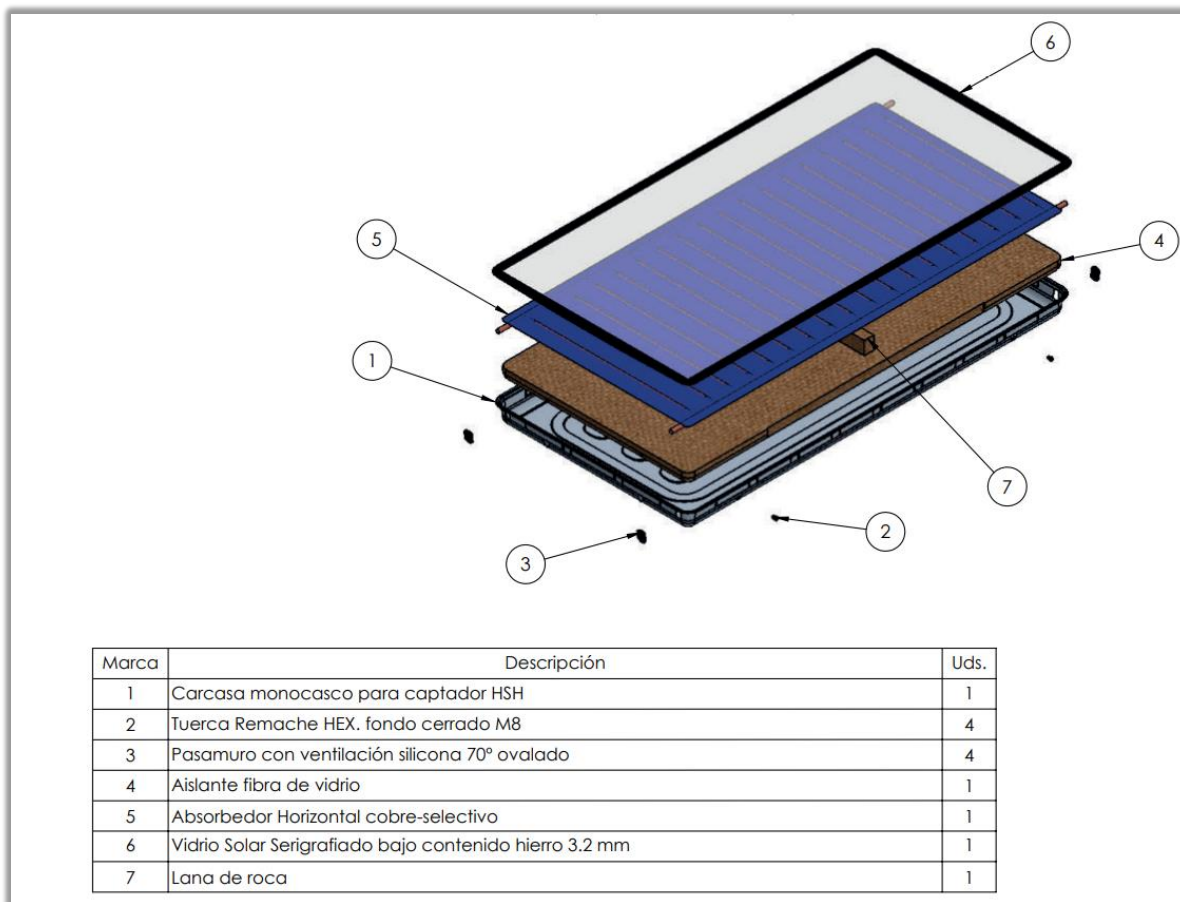


Figura A14. Materiales que componen el colector solar tipo panel plano.
Fuente: Ing. Stephan Freist Sonsolar

Un componente importante dentro de este ciclo cerrado forzado de agua es el acumulador de calor. Se presenta a continuación las fichas técnicas:



Interacumuladores Gran Volumen

Depósito interacumulador construido en acero vitrificado adecuado para instalaciones de A.C.S., según normativa DIN 4753-3. Se suministra con sistema de protección anódica y aislamiento estándar de poliuretano rígido de 50mm para 500l y flexible de 100mm para 750, 1.000, 1.500 y 2.000l. Terminación exterior con funda de skay. Dotado de termómetro externo, vaina para sonda y conexión para recirculación. Dispone de conexiones para incorporar elementos de calentamiento.

Características	ASUV002	ASUV003	ASUV006	ASUV025	ASUV026
Capacidad nominal (l)	500	748	1.000	1.500	2.000
S intercambio (m ²)	2,25	2,89	3,45	3,3	4,5
Capacidad intercambiador (l)	13,7	26,2	31,3	30,4	41,6
Peso neto (Kg)	145	221	233	382	454
Dimensiones (mm) D/h	750 x 1.646	990 x 1.937	1.050 x 2.002	1.200 x 2.193	1.300 x 2.399
Potencia de Intercambio en modo continuo (Kw)	61 / 73	79,8 / 103,7	95,2 / 123,8	140 / 175	198 / 250
* 60-80 / 70-90°C					
Caudal continuo de ACS					
ΔT 35° (l/h)	1.500 / 1.795	1.963 / 2.551	2.342 / 3.045	3.450 / 4.330	4.874 / 6.160
* 60-80 / 70-90°C					
Pérdidas térmicas ΔT 45° (kWh/24h)	2,9	3,7	4,3	6,5	8,3



T máx. servicio	P nominal	
	Depósito	Serpentín
95°C	8 bar	6 bar

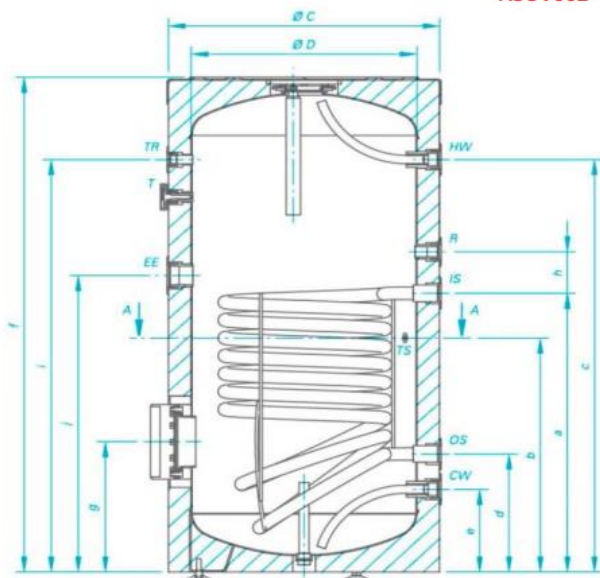
Figura A15. Interacumuladores gran volumen características nominales.
Fuente: Ing. Stephan Freist Sonsolar



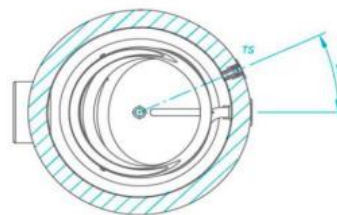
Dimensiones ($\pm 5\text{mm}$)

	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	e (mm)	f (mm)	g (mm)	h (mm)	i (mm)	j (mm)	k (mm)	l (mm)	$\varnothing C$ (mm)	$\varnothing D$ (mm)
ASUV002	944	750	1.448	299	214	1.674	324	—	1.448	986	—	1.199	750	650
ASUV003	351	1.051	1.592	1.822	1.937	83	269	929	1.273	1.780	2.012	756	990	790
ASUV006	345	1.132	1.475	1.894	2.002	82	272	987	1.274	1.846	2.097	830	1.050	850
ASUV007	468	1.168	1.768	—	2.193	90	421	1.081	1.378	2.061	2.361	579	1.200	1.000
ASUV008	497	1.298	1.927	—	2.399	90	411	1.235	1.551	2.246	2.592	578	1.300	1.100

ASUV002



SECCIÓN A - A



ASUV003 - ASUV006 - ASUV025 - ASUV026

Figura A16. Dimensiones con vista lateral interacumulador gran volumen.
Fuente: Ing. Stephan Freist Sonsolar

Catálogo de las características hidráulicas de la bomba, nomenclatura utilizada en el modelo y construcción de la bomba.

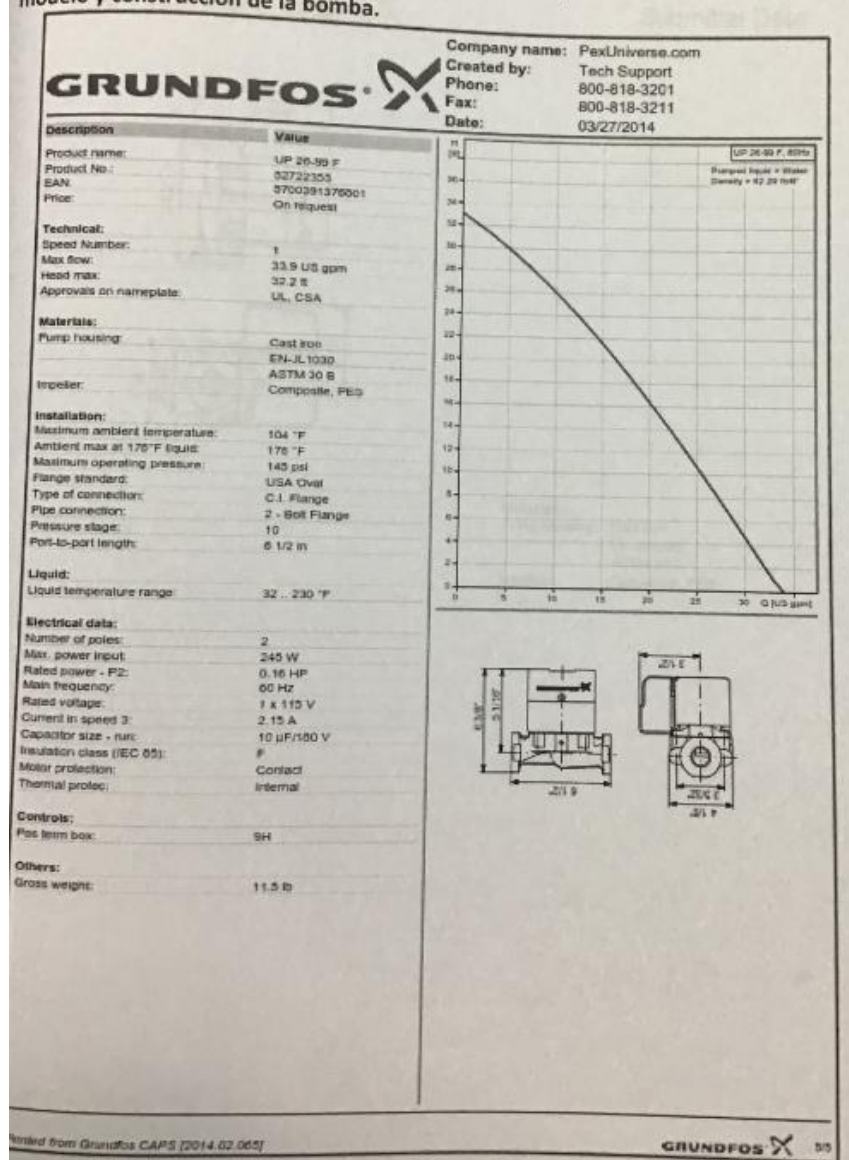


Figura A17. Características hidráulicas de la bomba para convección forzada. Fuente: Rilesa

Ficha técnica de las válvulas


Válvulas de aire

**R99
R99I**

**Automatic
air vent valves**

**Energy
Management**

**Datasheet
0189EN 12/2018**



R99 R99I

R99 and R99I automatic air vent valves can discharge the air that formed into the hydraulic circuits of the heating/cooling or domestic water systems. This avoids the onset of negative phenomenon that could compromise the lifetime and the efficiency of the thermal system. The automatic air vent valves are performing either during the initial phases of the system filling, when the air quantity to be discharged is high, or during the operation where the discharge shall not happen continuously but intermittently, with modest air amounts to be discharged in a progressive way.

Versions and product codes

SERIES	PRODUCT CODE	CONNECTORS	FEATURE
R99	R99Y001	1/4" G. ISO 228	
	R99Y002	3/8" G. ISO 228	
	R99Y003	1/2" G. ISO 228	Without plastic paddle
	R99Y033	Ø 15 mm	With nut and female
R99I	R99IY002	3/8" G. ISO 228	With R100 shut-off valve
	R99IY003	1/2" G. ISO 228	

Technical data

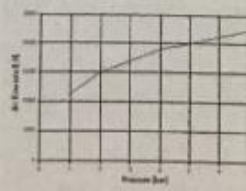
- Temperature range: 5-120°C
- Max. working pressure: 14 bar
- Max. pressure of air vent operation: 7 bar
- Use fluids: water and glycol solutions (max. 50%)

Materials

- Body: L90 EN 12065 CW602N brass
- O-Ring: EPDM
- Stopper spring: stainless steel
- Internal float: 316L

Performance

The table and the graph report the discharge air capacities, in standard conditions, at the change of the pressure of the system.



Pressure (bar)	Air Discharge (l/h)
1	1700
2	1900
3	2100
4	2300
5	2500
6	2700
7	2900

NOTE: The air discharge capacities of the R99 valve increase progressively as the pressure increase by drawing the air way of the mechanism.

GIACOMINI
WATER IN MOTION

ICM

Giacomini S.p.A.
Via per Bari 28, 08012 San Pietro di Stignano (Oristano) Italia
tel. 0783/240000 - 0783/240001
e-mail: 0783/240000 - 0783/240001

1

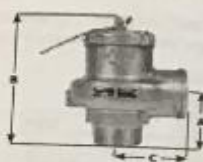
Figura A18. Válvulas para venteo de vaporización. Fuente: Rilesa

válvula de check

STEAM HEATING PRODUCTS

ASME Section IV Low Pressure Steam Safety Valves

MODEL RV514



HV

HIGH CAPACITY LOW PRESSURE STEAM BOILER SAFETY VALVES

National Board capacity certified in accordance with ASME Section IV at 15 psig. For large commercial steam heating boilers where high capacity is critical. Capacities up to 6843 lbs./hr.

FEATURES

- Nozzle-type chrome-plated seat
- Optional lead gag available to allow hydrostatic testing. (Add "O" suffix to pressure code when ordering.)
- PTFE coated O-ring for positive seal
- One piece body, all bronze construction
- Rust proof steel spring
- Registered in all Canadian provinces and territories, CMR #008347-SC

Model Number	Part Number	Size (in.)	Capacity lbs./hr.	Wt./Each (lbs.)	Dimensions (in.)		
					A	B	C
RV514215	14-205-08	2 x 2	3150	8.4	2.06	7.12	3.12
RV51421215	14-206-08	2-1/2 x 3-1/2	4625	11.0	3.59	8.25	3.58
RV514315	14-207-08	3 x 3	6843	12.0	4.12	9.37	3.87

*National Board Capacity Certified at 15 psig (90% of actual capacity at 33% accumulation.)

Note: To specify set pressure, use the following suffix codes on the part number: 3 psig - 02; 8 psig - 04; 12 psig - 05; 15 psig - 06; 12 psig - 07; 15 psig - 08 after the part number.

Water Heater Products

MODEL TP



HV



WATER HEATER T&P RELIEF VALVES

Automatic temperature and pressure relief valves feature unique non-metallic coating which protects the element against galvanic and electromechanical corrosion by isolating it from the heated water. This coating is electrochemically applied for uniform coverage, then thermobonded, resulting in optimum adhesion for extended service life. CSA design certified at all settings to ANSI Z21.22. ASME Section IV rated at 125 psig and 150 psig settings for 3/4" NPT only.

FEATURES

- Meets HUC/FHA requirements
- Cast bronze body, stainless steel spring
- Rated 210°F maximum
- CMR #000053-BC registered in all Canadian provinces and territories
- ASME capacity certified for 3/4" NPT only

Model Number	Part Number	PSIG Set	Size (in.)	Element Length (in.)	Wt./100 (lbs.)	CSA Capacity rating BTU/Hr.
TP112125	18C-403-23	125	1/2 M x 1/2 F	1.5	64.0	15,000
TP112	18C-403-28	150	1/2 M x 1/2 F	1.5	64.0	15,000
TP112125	18C-403-29	125	1/2 M x 1/2 F	3	64.0	15,000
TP112	18C-403-30	150	1/2 M x 1/2 F	3	64.0	15,000
TP114125	18C-402-27	125	3/4 M x 3/4 F	1.5	64.4	95,000
TP114	18C-402-28	150	3/4 M x 3/4 F	1.5	64.4	95,000
TP114125	18C-402-29	125	3/4 M x 3/4 F	3	64.4	105,000
TP114	18C-402-30	150	3/4 M x 3/4 F	3	64.4	105,000
TP114125	18C-402-36	125	3/4 M x 3/4 F	8	64.4	105,000
TP114	18C-402-37	150	3/4 M x 3/4 F	8	64.4	105,000
TP114175	18C-402-24	175	3/4 M x 3/4 F	3	64.4	105,000
TP1148125	18C-4028-38	125	3/4 M x 3/4 F	3	64.4	105,000
TP1148	18C-4028-39	150	3/4 M x 3/4 F	3	64.4	105,000

www.apollovalves.com

Customer Service (704) 841-6000

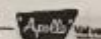


Figura A19. Válvulas para venteo de vaporización. Fuente: Rilesa

válvula de bola

NIBCO
AHEAD OF THE FLOW®

www.nibco.com
Revised 7/25/2018

NIBCO® Press System Bronze Ball Valves

Two-Piece Body • Full Port • Bronze Trim • Blowout-Proof Stem • Press Ends Leak Detection

250 psi/17.2 bar non-shock cold working pressure
250°F maximum operating temperature

CONFORMS TO MSS SP-110

MATERIAL LIST

PART	SPECIFICATION
1. Body	Bronze ASTM B584 Alloy C94400
2. Body End	Bronze ASTM B584 Alloy C94400
3. Press End Adapter (2)	Worst Copper ASTM B75 Alloy C12200
4. Ball	Bronze ASTM B16 Alloy C96000 or ASTM B263 Alloy C37500 (Chrome/Nickel Plated)
5. Seal Ring (2)	Reinforced PTFE
6. Base seal o-ring (2)	EPDM
7. O-Ring (2)	EPDM
8. Packing	PTFE
9. Pack Gland	Bronze ASTM B16 Alloy C96000
10. Stem	Silicon Bronze ASTM B271 Alloy C88300 or ASTM B99 Alloy C85100
11. Handle Nut	Zinc Plated Steel
12. Thrust Washer	Reinforced PTFE
13. Handle Assembly	Zinc Plated Steel Clear Chromate Phosphate Coated

Handle Options:

- Stainless steel lever
- NIB-SEAL®
- Locking lever
- Stainless steel locking lever
- Memory stop
- Extended lever w/ memory stop
- Round
- Wing
- Horizontal and vertical chain

PC-585-70
Press x Press
Female End

DIMENSIONS—WEIGHTS

SIZE	Dimensions					Weight	
	A	B	C	D	E	lbs.	kg.
1/2"	13.2 (6)	70.1 (80)	48.0 (50)	152.0 (50)	13.4 (15)	105.0 (80)	36
3/4"	19.0 (20)	83.0 (90)	58.0 (60)	185.0 (60)	19.0 (20)	128.0 (90)	71
1"	25.0 (26)	91.0 (95)	64.0 (65)	204.0 (65)	25.0 (26)	136.0 (95)	102
1 1/2"	32.0 (33)	117.0 (120)	72.0 (75)	219.0 (75)	32.0 (33)	168.0 (120)	159
2"	38.0 (39)	133.0 (135)	84.0 (85)	272.0 (85)	38.0 (39)	207.0 (135)	234
2 1/2"	50.0 (51)	143.0 (145)	89.0 (90)	281.0 (90)	50.0 (51)	220.0 (145)	361

NIBCO Press System ball valves are designed to meet MSS SP-110 with the exception of the end connection. Ball valves are down-rated from 600 psi CWP to 250 psi CWP to match the NIBCO Press System. Male and female press-to-connect ends are new technology not yet covered in the current edition of this specification.

WARNING: This product can expose you to chemicals including lead, which is known to the State of California to cause cancer and birth defects or other reproductive harm. For more information go to www.P65Warnings.ca.gov

Visit our website for the most current information.

NIBCO INC. WORLD HEADQUARTERS • 1515 SACRED HEART ST. • ELKHART, IN 46516-4740 • USA • PH 1.800.234.0227
TECH SERVICES PH 1.800.445.4228 • FAX 1.800.236.4228 • INTERNATIONAL OFFICE PH +1.574.295.3327 • FAX +1.574.295.3455
www.nibco.com

Figura A20. Válvula de bola. Fuente: Rilesa

DIN CERTCO
Gesellschaft für Normenkontrollbewertung mbH

CERTIFICATE

Certificate holder	Jiangsu Sunrain Solar Energy Co., Ltd Ning hai industrial zone 222243 LIANYUNGANG, JIANGSU CHINA
Production facility	Lianyungang, Jiangsu
Product	Solar collectors
Type, Model	FFC1200A
Testing basis	DIN EN 12975-1:2011-01 DIN EN 12975-2:2006-06 Specific CEN KEYMARK Scheme Rules for Solar Thermal Products version 21.00 (2013-10)
Mark of conformity	 
Registration No.	011-751004 F
Valid until	2023-12-31
Right of use	<p>This certificate entitles the holder to use the mark of conformity shown above in conjunction with the specified registration number.</p> <p>See annex for further information.</p>

DAkkS
 Deutscher
 Institut für
 Zertifizierung
 9105 1120-02-00

2019-12-15 *C. Seisen*
 Dipl.-Phys. Carsten Seisen
 Certification Body


DIN CERTCO
 Gesellschaft für Normenkontrollbewertung mbH
 40699 Düsseldorf 16 · D-12103 Berlin · www.din-certco.de

Figura A21. Certificación de pruebas de eficiencia sobre colector solar.
Fuente: Rileza

Optional System Controller

When combined with IQ² electronics, the system controller operates up to six units. The system diagnostics include real-time 90-day water usage, peak flow rate, totalizer, and much more. This information is downloadable to a USB drive or viewable as live information with an Ethernet connection.

With its battery backup, processor, and enclosure, information is held safe and secure. The controller's display indicates a multitude of information at first glance including LED status indicators for online, standby, and regeneration modes.








Controllers

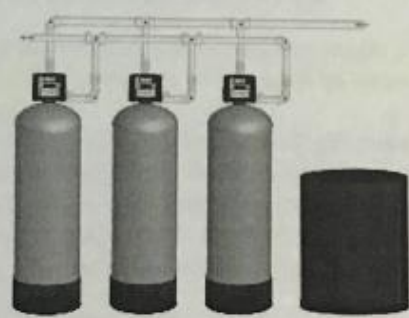
Each individual controller features IQ² technology, which includes history and diagnostic information. C43 controllers are capable of "plug and play" technology, which incorporates no hard water bypass and separate source regeneration.

The 1" and 1.25" control valves are manufactured from Noryl® and offer extremely high flow rate characteristics. The 1.5" through 3" controllers feature solid lead-free brass construction and stainless steel meters.

All C43 systems feature one piece cartridge and piston design for ease of service.

Front of 3" controller with removable front meter door for ease of use.



Typical system diagram with 1.5", 2", and 3" piping. Call for engineered drawings of individual systems. The C43 Series is available in up to six configurations.

Note: This product is not certified as a nonmicroplastic purifier and should not be used as a water source distribution system for microplasticity sensitive water.

SOFTWARE C43 Series Water Softeners

Your local water treatment professional:

Custom Care®
A Water-Right Brand

1900 Prospect Court • Appleton, WI 54914
920.735.5401 • 800.777.1425 • Fax: 920.735.5406
www.customcarewater.com

Water-Right® is a registered trademark of Water-Right, LLC. ©2014 Water-Right, LLC. All rights reserved.

Figura A22. Tanque de tratamiento de agua suavizantes. Fuente: Rilesa

No	Name	Specification	Quantity	Photo
1	The boiler body	WDR1.5	1	
2	Filling pump	H=134m Q=1m ³ /h 1.5KW	1	
3	Electrical cabinet	Fully automatic control	1	
4	Softener water device	Capacity: 1.5T/H	1	
5	Stop valve	1*DN80 2*DN40	3	
6	Safety valve	DN40	2	
7	Drain valve	DN40	1	
8	Pressure gauge	0~2.5Mpa	1	
9	Liquid level sensor	DN25	2	



Figura A23. Construcción y montaje de caldera eléctrica. Fuente: Fudem



Figura A24. Construcción y montaje de caldera eléctrica. Fuente: Fudem



Figura A25. Construcción y montaje de caldera eléctrica. Fuente: Fudem



Figura A26. Construcción y montaje de caldera eléctrica. Fuente: Fudem

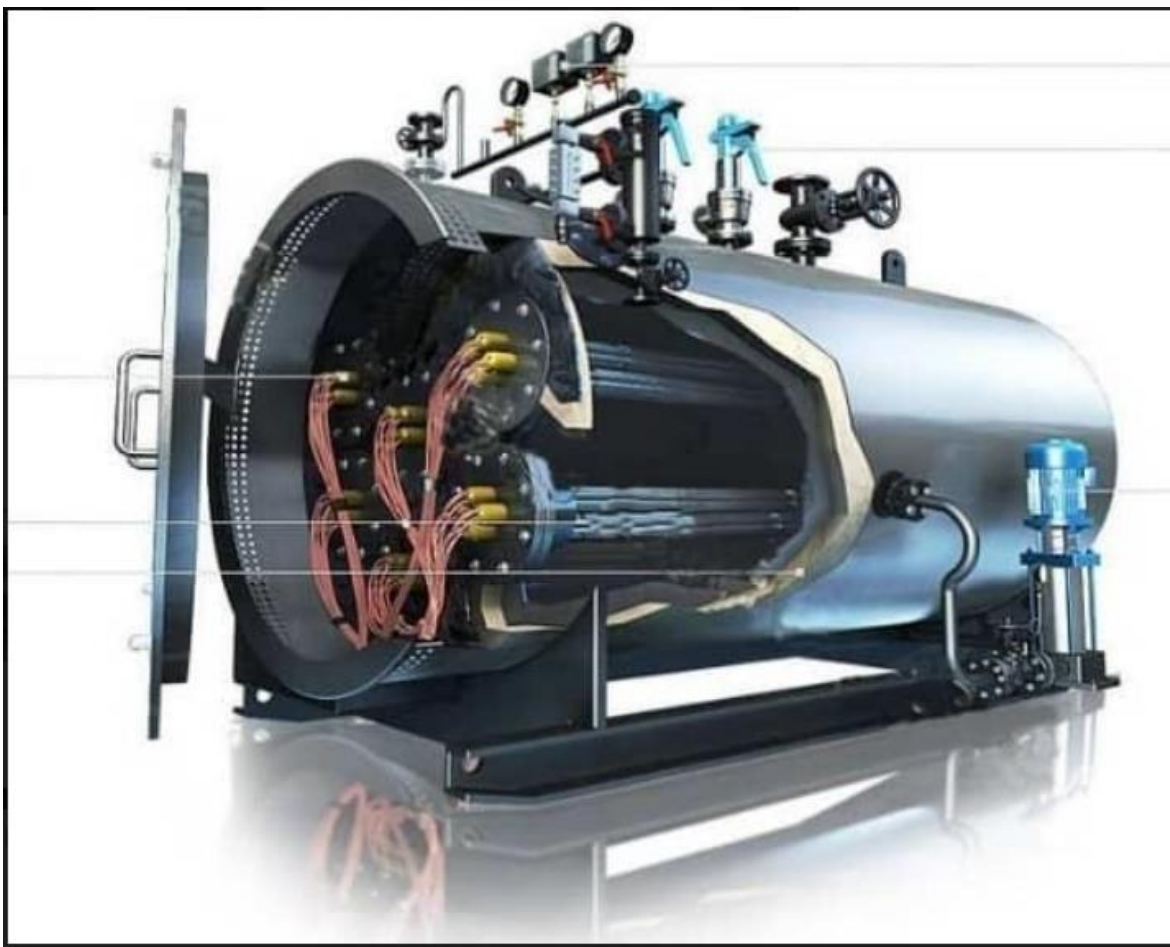


Figura A27. Vista isométrica de caldera eléctrica. Fuente: Fudem

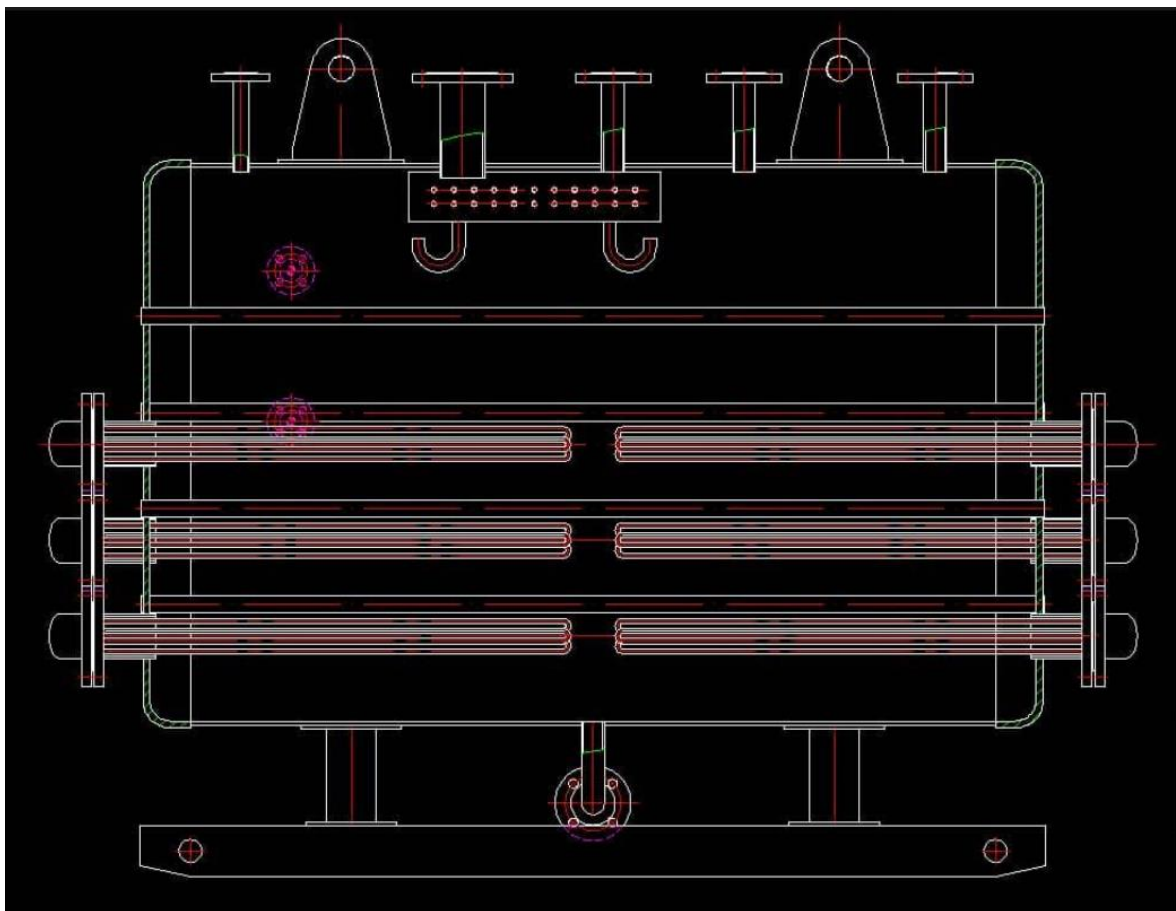


Figura A28. Vista lateral de caldera eléctrica. Fuente: Fudem



Figura A29. Sistema de control de potencia de caldera eléctrica. Fuente: Fudem



Figura A30. Sistema de control de potencia de caldera eléctrica. Fuente: Fudem




Figura A31. Sistema de control de potencia de caldera eléctrica. Fuente: Fudem



Figura A32. Sistema de control de potencia de caldera eléctrica. Fuente: Fudem

Apéndices

Apéndice 1: Propuesta de política energética Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

	POLÍTICA ENERGÉTICA Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega	Fecha: 20/11/26
SGE-PE-001	Ref. INTE/ISO 50001-2018. Punto 5.2	Revisión: 00

El Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega toma conciencia de la importancia del medio ambiente, del uso y consumo de la energía en sus actividades del proceso productivo por lo que se compromete a:

- Utilizar de forma eficiente la energía en el proceso productivo, con el fin de mitigar el cambio climático, reducir costos por energía y aumentar la competitividad.
- Establecer los objetivos y metas para el mejoramiento del desempeño energético continuo.
- Implementar planes relacionados con la mejora continua del desempeño energético del proceso productivo y el SGEE.
- Garantizar la disponibilidad de información, de recursos humanos y económicos para la gestión energética.
- Cumplir con los requisitos legales y otros requisitos relacionados con la eficiencia energética.
- Adquirir productos y servicios que impacten el desempeño energético de manera positiva.
- Apoyar las actividades de diseño que mejoren el desempeño energético del proceso productivo.

FIRMA

Ing. Rolando Carvajal Montes

Jefe de Ingeniería y Mantenimiento

Apéndice 2: Procedimiento identificación de requisitos legales y otros.

	PROCEDIMIENTO IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS LEGALES Y OTROS	Fecha: 20/11/26
SGE-PR-001	Ref. INTE/ISO 50001-2018. Punto 4.2	Revisión: 00

1. PROPÓSITO

La organización debe identificar y tener acceso a los requisitos legales de otro tipo que la organización suscribe relacionados con sus usos energéticos.

2. ALCANCE Y LIMITACIONES

Este procedimiento expone la metodología para la identificación de los requisitos legales con respecto a la conversión energética del sistema de generación de vapor actual del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega, en condiciones de operación normal.

3. RESPONSABILIDADES

Jefe de ingeniería y mantenimiento

- Aprobar el presente procedimiento y proporcionar los recursos necesarios para la aplicación.
- Aprobar la metodología establecida para la identificación de requisitos legales y otros.

Coordinación general

- Actualizar y mejorar el presente documento
- Registrar y documentar las actividades realizadas en este procedimiento.

Supervisor de mantenimiento

- Revisar y dar seguimiento al cumplimiento de los requisitos legales y otros en el proceso productivo.
- Notificar a la coordinación general algún cambio en procedimientos o proceso productivo que afecte el cumplimiento de los requisitos legales.

Todos los trabajadores

- Notificar a su superior acerca de algún cambio en el proceso que impacte el cumplimiento de los requisitos legales.

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO**4.1. Identificación y actualización de requisitos legales y otros**


Se debe identificar los requisitos en normativas, leyes y boletines gubernamentales que rijan el plan de descarbonización y gestión energético que evite el uso del combustible fósil, de forma continua.

Se debe establecer la frecuencia con que se investiga los requisitos relevantes a las actividades del proceso de generación de vapor.

4.2. Evaluación del cumplimiento de los requisitos

De acuerdo con los ciclos del sistema de gestión de energía se debe revisar y evaluar la relevancia de estos requisitos de acuerdo con los cambios en la información.


Se debe generar informes acerca de las modificaciones a los requisitos legales y otros suscritos en el sistema de gestión de energía renovable.

	SGE-RG-001		IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS LEGALES			Fecha: 2020/11/26	
						Revisión: 00	
Nombre del requisito	Tipo de requisito	Capítulo	N° Artículo	Descripción	Medio de seguimiento	Frecuencia de revisión	Responsable
Lista oficial de bienes exonerados conforme al artículo 38 de la Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía, Ley N° 7447 del 03 de noviembre de 1994 y sus reformas.	Legal	-	1	Descripción equipos para el aprovechamiento de las energías Renovables o alternativas.	Sistema costarricense de información jurídica.	1 año	Coordinación general
Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía.	Legal	Capítulo 9	38	Exoneraciones.	Sistema costarricense de información jurídica.	1 año	Coordinación general

	SGE-RG-001		IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS LEGALES			Fecha: 2020/11/26	
						Revisión: 00	
Nombre del requisito	Tipo de requisito	Capítulo	N° Artículo	Descripción	Medio de seguimiento	Frecuencia de revisión	Responsable
Ley N° 7554: Ley Orgánica del Ambiente	Legal	-	7	Obligaciones del concesionario	Sistema costarricense de información jurídica.	1 año	Coordinación general
Decreto N° 006-2019-MINAE Transición hacia el uso de calderas eléctricas	Legal	-	1	Con el objeto de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en las instituciones públicas y servir de laboratorio de experiencias que contribuyan con la descarbonización del país, se insta al sector público a promover la transición hacia el uso de calderas eléctricas, considerando los análisis técnicos y de costos, financieros y otros correspondientes.	Sistema costarricense de información jurídica.	2 años	Coordinación general

	SGE-RG-001		IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS LEGALES			Fecha: 2020/11/26	
						Revisión: 00	
Nombre del requisito	Tipo de requisito	Capítulo	N° Artículo	Descripción	Medio de seguimiento	Frecuencia de revisión	Responsable
Ley 7447: Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía	Legal	Capítulo 1	1	Objetivos	Sistema costarricense de información jurídica.	2 años	Coordinación general
Plan Nacional de Energía 2015-2030	Ambiental	-	-	Diagnóstico del sector electricidad	MINAE	2 años	Coordinación general
		-	-	Orientaciones de política en electricidad	MINAE	2 años	Coordinación general
Estrategia de Transformación Digital hacia la Costa Rica del Bicentenario 4.0	Ambiental	Capítulo 9	-	Transformación Empresarial 4.0	MICIT	2 años	Coordinación general
Plan de Descarbonización	Ambiental	Capítulo 5	-	Transformación del sector industrial mediante procesos y tecnologías que utilicen energía de fuentes renovables u otras eficientes y sostenibles de baja y cero emisiones	MINAE	2 años	Coordinación general

Apéndice 3: Procedimiento objetivos, metas y la planificación para lograrlos.

	PROCEDIMIENTO OBJETIVOS, METAS Y LA PLANIFICACIÓN PARA LOGRARLOS	Fecha: 2020/11/26
SGE-PR-002	Ref. ISO 50001-2018. Punto 6.2	Revisión: 00

1. PROPÓSITO

Se busca documentar, mediante este procedimiento, la metodología para establecer los objetivos, metas y los planes de acción.

2. ALCANCE Y LIMITACIONES

Este procedimiento expone la metodología para establecer los objetivos, metas y planes de acción para alcanzarlas, desde el punto de vista de conversión energética en el sistema de generación de vapor con el uso de energías renovables.

3. RESPONSABILIDADES

Jefe de ingeniería y mantenimiento

- Aprobar el presente procedimiento y proporcionar los recursos necesarios para la aplicación.
- Aprobar la metodología establecida para el establecimiento de objetivos, metas y planes de acción.

Coordinación general

- Actualizar y mejorar el presente documento
- Registrar y documentar las actividades realizadas en este procedimiento.
- Proponer metas graduales de mejora de desempeño energético.
- Proponer y actualizar los objetivos del sistema de gestión de energía.

Supervisor de mantenimiento


- Revisar y dar seguimiento a los planes de acción para cumplir con las metas y los objetivos.
- Notificar a la coordinación general algún cambio en procedimientos o proceso productivo que afecte el desempeño energético y el cumplimiento de metas y objetivos.

Todos los trabajadores

- Notificar a su superior acerca de algún cambio en el proceso que impacte el desempeño energético y el cumplimiento de metas y objetivos.

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

4.1. Objetivos y metas energéticas

	SGE-RG-002	OBJETIVOS Y METAS ENERGÉTICAS PROPUESTAS			Fecha: 2020/11/26
					Revisión: 00
Objetivo N°	Objetivos	Metas	Indicador N°	IDE relacionados	
1	Generar la línea base de desempeño energético del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.	Generar gráficas que muestren el desempeño energético del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.	1	Consumo de gas LP por el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.	
			2	Consumo de vapor de autoclaves conectadas a la caldera Cleaver Brooks.	
			3	Horas de operación del sistema caldera Cleaver Brooks.	

			4	Horas de operación por calentadores de agua.
			5	Medición de la temperatura de chimenea del sistema Cleaver Brooks para representar eficiencia.
			6	Medición de consumo de electricidad al momento de instalar autoclaves con generador propio eléctrico.
2	Reducir el consumo de gases de efecto invernadero de emisión directa.	Reducir las emisiones directas de CO ₂ en un 10%.	1	Verificación de gases de efecto invernadero con respecto al año base 2017

Se debe establecer los objetivos y las metas pertinentes que permitan la mejora en el desempeño energético continuamente. Los objetivos deben ir alineados con los requisitos legales, los usos significativos de energía, las oportunidades de mejora del desempeño y la política energética de la organización.

4.2. Planes de acción para cumplir los objetivos y metas


Para el cumplimiento de los objetivos y metas planteadas se debe generar planes de acción.

Estos planes deben incluir:

- La delegación de responsabilidades.
- Los plazos previstos para cumplir las metas.
- La manera de evaluar la mejora en el desempeño energético.
- La manera de evaluar los resultados.

Ver oportunidad de mejora 1, auditoría energética, punto 3.1 de este documento.

Apéndice 4: Procedimiento revisión energética Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

	PROCEDIMIENTO REVISIÓN ENERGÉTICA	Fecha: 2020/11/26
SGE-PR-003	Ref. ISO 50001-2018. Punto 6.3	Revisión: 00

1. PROPÓSITO

Se busca documentar, mediante este procedimiento, la metodología y los lineamientos para la realización de la revisión energética, como parte de la planificación táctica del SGEE.

2. ALCANCE Y LIMITACIONES

Este procedimiento expone la metodología para la revisión del sistema de generación de vapor del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega, en condiciones de operación normal.

3. RESPONSABILIDADES

Jefe de ingeniería y mantenimiento

- Aprobar el presente procedimiento y proporcionar los recursos necesarios para la aplicación.
- Aprobar la metodología establecida para la revisión energética.
- Estar consciente de los resultados y oportunidades de conservación de la energía generados en la revisión energética.

Coordinación general

- Actualizar y mejorar el presente documento
- Registrar y documentar las actividades realizadas en este procedimiento.
- Calcular los consumos de energía eléctrica.
- Identificar los procesos con usos significativos.
- Exponer a la gerencia los procesos con usos significativos.

- Planificar la implementación de oportunidades de conservación de energía y verificar que se cumpla.
- Implementar y mejorar el seguimiento, medición y análisis de las variables involucradas en el proceso.

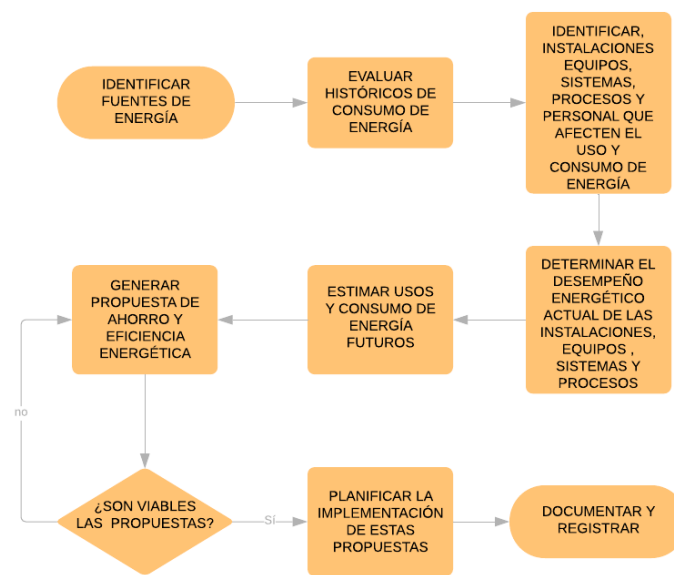
Supervisor de mantenimiento

- Describir las operaciones unitarias del proceso productivo y los procesos de apoyo
- Identificar las entradas y salidas de energía del proceso productivo.
- Facilitar la información de entradas y salidas de energía del proceso productivo y de apoyo.
- Notificar a la coordinación general algún cambio en procedimientos o proceso productivo

Todos los trabajadores

- Notificar a su superior acerca de algún cambio en el proceso que impacte el desempeño energético.
- Trabajar en las mejoras de desempeño energético.

4. DIAGRAMA DEL PROCEDIMIENTO



5. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

5.1. Identificar fuentes de energía

Listar las fuentes de energía de generación de vapor, así como los valores de consumo y demanda de vapor.

Para el cálculo del consumo de vapor en el hospital se debe de determinar el régimen de trabajo y el volumen de esterilización de cada área en gestión. También se debe obtener los datos de facturas de gas LP del proveedor.

5.2. Evaluar históricos de consumo de energía

Graficar y comprender las tendencias del consumo de energía actual del centro de salud.

5.3. Identificar instalaciones, equipos, sistemas, procesos y personal que afecten el uso y consumo de energía

Listar la instalación y equipos del sistema de generación de vapor. Además, agregar información del personal que los utiliza, los valores de consumo e información relevante de los equipos con usos significativos de energía.

5.4. Determinar el desempeño energético actual de instalaciones, equipos, sistemas, procesos

Listar la demanda energética del hospital en consumo de vapor, posteriormente establecer las fronteras de los indicadores energéticos e identificar los indicadores de la conversión energética del sistema de vapor (de gas LP a electricidad) para finalmente generar las líneas base de los indicadores.

5.5. Estimar usos y consumos futuros de energía futuros

Determinar los consumos futuros mediante el uso de los gráficos de tendencia y estudio de la demanda máxima.

5.6. Generar propuestas de ahorro y eficiencia energética

De acuerdo con los datos de los equipos que serán instalados (autoclaves eléctricas con generador propio) después de la disposición final de la Caldera Cleaver Brooks se listan las propuestas de ahorro y eficiencia energética.

5.7. Evaluar la viabilidad de las propuestas

La evaluación de las propuestas debe contemplar el costo de inversión y el período de retorno de cada una, además se deben priorizar de acuerdo con los criterios anteriores.


5.8. Planificar la implementación de estas propuestas

Se debe estimar los recursos humanos, tecnológicos y económicos requeridos para la implementación de cada una de las propuestas.

5.9. Documentar y registrar

Se debe documentar y registrar de manera sistemática y digital, para la consulta y mejora en revisiones energéticas futuras.

Apéndice 5: Procedimiento línea base e indicadores de desempeño energético.

	PROCEDIMIENTO LÍNEA BASE E INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO	Fecha: 2020/11/26
SGE-PR-004	Ref. ISO 50001-2018. Punto 6.4 y 6.5	Revisión: 00

1. PROPÓSITO

Se busca documentar, mediante este procedimiento, la metodología para establecer la línea base y los indicadores de desempeño energético, para la implementación y operación del sistema de gestión de energía.

2. ALCANCE Y LIMITACIONES

Este procedimiento expone los indicadores para la conversión energética (del sistema de generación de vapor) en función de la verificación de la emisión directa de gases de efecto invernadero. También establece los principales indicadores energéticos del sistema actual y del sistema que será instalado.

3. RESPONSABILIDADES

Jefe de ingeniería y mantenimiento

- Aprobar el presente procedimiento y proporcionar los recursos necesarios para la aplicación.
- Aprobar la metodología establecida para la creación de la línea base.

Coordinación general

- Actualizar y mejorar el presente documento
- Registrar y documentar las actividades realizadas en este procedimiento.
- Generar la línea base de desempeño energético.
- Proponer y actualizar los indicadores relevantes.

Supervisor de mantenimiento

- Revisar y dar seguimiento al desempeño energético de la planta.
- Notificar a la coordinación general algún cambio en procedimientos o proceso productivo que afecte el desempeño energético y los indicadores.


Todos los trabajadores

- Notificar a su superior acerca de algún cambio en el proceso que impacte el desempeño energético y los indicadores.

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

4.1. Generación de indicadores energéticos

Se debe establecer el o los indicadores que representen el desempeño de la energía eléctrica de la organización.

	SGE-RG-003	INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO PROPUESTOS		Fecha: 2020/11/26
				Revisión: 00
Indicadores energéticos de tipo económico		Unidades	Resultado	
Costo de gas LP por unidad de producto		Colones/kg de vapor	Permite conocer el costo de la generación de vapor por medio de gas LP en una caldera Cleaver Brooks 70 BHP en el proceso productivo actual por kilogramo de vapor.	
Costo de electricidad por unidad de producto		Colones/kg de vapor	Permite conocer el costo de la generación de vapor por medio de electricidad en sistemas independientes (autoclaves con generador propio) en el proceso productivo actual por kilogramo de vapor.	

Indicador ambiental	Unidades	Resultado
Emisiones de CO ₂ gas LP	Kg CO ₂ /litro de gas LP	Permite conocer cuántos kilogramos de CO ₂ por litro de gas LP se requieren para el proceso de esterilización.
Emisiones de CO ₂ electricidad	Kg CO ₂ / kWh	Permite conocer cuántos kilogramos de CO ₂ por kWh de electricidad se requieren para el proceso de esterilización.

Proceso o actividad	Fuente de energía	Indicador de desempeño energético	Unidades	Resultado
Generación de vapor	Gas LP	Consumo de litros de gas LP con las cargas demandadas en un día.	Litros gas LP/día	Permite analizar el desempeño energético de un sistema muy robusto para la demanda actual del hospital.
Generación de vapor	Electricidad	Consumo de electricidad para la misma carga demandada en un día.	kWh/día	Permite analizar el desempeño energético de una eventual conversión energética.


4.2. Generación de la línea base

Con la información obtenida de la revisión energética se elabora la línea base de desempeño energético. La cual es referencia para comparar información futura y buscar la optimización del rendimiento energético. Se debe presentar la información mediante gráficas de tendencia.

4.3. Registro de la línea base y los indicadores

Se debe documentar y registrar la información generada en el punto anterior con el fin de que sea de fácil acceso.

Apéndice 6: Procedimiento competencia y toma de conciencia.

	PROCEDIMIENTO COMPETENCIA Y TOMA DE CONCIENCIA	Fecha: 2020/11/26
SGE-PR-005	Ref. ISO 50001-2018. Punto 7.2 y 7.3	Revisión: 00

1. PROPÓSITO

Se busca documentar, mediante este procedimiento, la metodología para garantizar la competencia del personal de la organización fundamentada en la experiencia, formación y educación.

2. ALCANCE Y LIMITACIONES

Este procedimiento expone la metodología para garantizar la competencia de todo el personal que realice actividades que impacten el desempeño energético.

3. RESPONSABILIDADES

Jefe de ingeniería y mantenimiento

- Aprobar el presente procedimiento y proporcionar los recursos necesarios para la aplicación.
- Aprobar la metodología establecida para la garantía de la competencia del personal.

Coordinación general

- Actualizar y mejorar el presente documento.
- Registrar y documentar las actividades realizadas en este procedimiento.
- Identificar las necesidades de formación, experiencia y educación del personal.
- Proponer actividades de formación y educación para garantizar la competencia.

Supervisor de mantenimiento

- Revisar y dar seguimiento a los planes de formación y competencia.

Todos los trabajadores

- Proponer ideas que permitan aumentar la competitividad del personal y la mejora del desempeño energético.

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO**4.1. Identificación de las necesidades de formación y competencia**

La organización debe identificar las necesidades de formación y competencia del personal en cada ciclo del sistema de gestión de energía.

Se debe elaborar un informe que permita establecer los planes de formación para atacar las necesidades.

4.2. Plan de formación energética

Los planes de formación deben contener:

- Personal al que va dirigido.
- Lugar y hora de impartición.
- Objetivos del plan de formación.
- Recursos humanos y tecnológicos necesarios.
- Tiempo invertido.

4.3. Campañas de concientización

Las campañas de concientización se deben realizar con el fin de garantizar la implantación del sistema de gestión de energía.

Se debe realizar campañas para interiorizar la política energética de la organización, impactar de forma positiva el consumo de energía, mejorar la imagen de la organización y alcanzar las metas del sistema de gestión de energía.

Apéndice 7: Procedimiento comunicación.

	PROCEDIMIENTO COMUNICACIÓN	Fecha: 2020/11/26
SGE-PR-006	Ref. ISO 50001-2018. Punto 7.4	Revisión: 00

1. PROPÓSITO

Se busca documentar, mediante este procedimiento, la metodología para comunicar, de forma interna o externa, la información generada por el sistema de gestión de energía acerca del desempeño energético.

2. ALCANCE Y LIMITACIONES

Este procedimiento expone la metodología para comunicar la información a todo el personal (interna) y a los agentes externos interesados (externa). De manera que exista una retroalimentación acerca del desempeño energético.

3. RESPONSABILIDADES

Jefe de ingeniería y mantenimiento

- Aprobar el presente procedimiento y proporcionar los recursos necesarios para la aplicación.
- Aprobar la metodología establecida para garantizar una comunicación asertiva.

Coordinación general

- Actualizar y mejorar el presente documento.
- Registrar y documentar las actividades realizadas en este procedimiento.
- Comunicar a la dirección y al encargado de planta la información relevante.
- Proponer actividades de comunicación que permitan la transmisión de la información de forma clara y concisa.

Supervisor de mantenimiento

- Transmitir la información relevante desde y hacia la coordinación general.

Todos los trabajadores

- Utilizar los canales de comunicación para informar de forma clara la información relevante de la operación que pueda impactar el desempeño energético.

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO**4.1. Comunicación interna**

La comunicación interna funciona mediante el uso de dos vías, con el fin de transmitir y retroalimentar información.

Comunicación interna descendente

Este tipo de comunicación envía la información desde los niveles más altos de jerarquía de la organización hasta los inferiores.

Algunos métodos para transmitir esta información son:

- Pizarras digitales comunicativas.
- Circulares.
- Boletines internos.
- Cartas personales.
- Correos electrónicos

Comunicación interna ascendente

Este tipo de comunicación envía la información desde los niveles inferiores de jerarquía de la organización hasta los superiores.

Algunos métodos para transmitir esta información son:

- Buzones de sugerencia.
- Correos electrónicos.


4.2. Comunicación externa

La comunicación externa no es obligatoria, sin embargo, se presentan algunos métodos de comunicación externa.

- Correos electrónicos.
- Conferencias.
- Publicaciones.

Se puede realizar una comunicación al público en general en donde la coordinación general expone a los clientes las mejoras y resultados del desempeño energético. También el cliente puede comunicar sus sugerencias mediante los buzones, con el fin de atender las necesidades.

Apéndice 8. Procedimiento información documentada.

	PROCEDIMIENTO INFORMACIÓN DOCUMENTADA	Fecha: 2020/11/26
SGE-PR-007	Ref. ISO 50001-2018. Punto 7.5	Revisión: 00

1. PROPÓSITO

Se busca documentar, mediante este procedimiento, la metodología para la creación, revisión y modificación de los documentos requeridos por el sistema de gestión de energía.

2. ALCANCE Y LIMITACIONES

Este procedimiento expone la metodología para la creación, revisión y modificación de todos los documentos requeridos para el sistema de gestión de energía.

3. RESPONSABILIDADES

Jefe de ingeniería y mantenimiento

- Aprobar el presente procedimiento y proporcionar los recursos necesarios para la aplicación.
- Aprobar la metodología establecida para garantizar una comunicación asertiva.

Coordinación general

- Actualizar y mejorar el presente documento
- Registrar y documentar las actividades realizadas en este procedimiento.
- Crear, revisar y modificar los documentos requeridos.

Supervisor de mantenimiento

- Realizar tareas de revisión a los documentos relevantes para su cargo.

Todos los trabajadores

- Todo el personal debe seguir las instrucciones y directrices registradas en los documentos del sistema de gestión de energía.

4.DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

El sistema de gestión de energía requiere documentos mínimos para la implementación y operación, en la tabla 1 se muestran la codificación de la documentación.

4.1 Manual sistema de gestión de energía

Este documento es esencial para la implementación y operación del sistema de gestión de energía.

La estructura de este documento es la siguiente:

1. Introducción.
2. Objeto y campo de aplicación.
3. Contexto de la organización.
4. Liderazgo.
5. Planificación.
6. Apoyo.
7. Operación.
8. Evaluación del desempeño.
9. Mejora.

Este manual debe ser accesible para todo el personal y cualquier colaborador puede proponer modificaciones. Estas modificaciones serán evaluadas con el fin de ser aprobadas.

4.2 Política energética

Este documento es parte del manual, donde se establece el compromiso del hospital con respecto al uso y consumo de energía. Se debe revisar en cada ciclo y evaluar la relación entre la política energética y los objetivos de la organización.

4.3. Procedimientos

Este tipo de documento establece la manera en que se deben realizar las actividades relacionadas con el sistema de gestión de energía, con el fin establecer un estándar de operación.

La estructura del documento es la siguiente:

- 4.3.1.1. Propósito.
- 4.3.1.2. Alcance y limitaciones.
- 4.3.1.3. Responsabilidades.
- 4.3.1.4. Desarrollo del procedimiento.

Los procedimientos deben ser elaborados por la coordinación general y revisados por la alta dirección para su aprobación.

Toda la información obtenida de los procedimientos debe ser registrada de forma sistemática.

4.4. Registros

Este documento almacena la información obtenida de los procedimientos y debe ser accesible en cualquier momento.

Los registros deben seguir el formato preestablecido en el primer ciclo de implementación del sistema gestión de energía.

4.4.1. Control de la información documentada

Los registros generados deben ser archivados de forma digital por número de procedimiento y fecha de creación con el fin de facilitar el acceso a la información.

La información archivada debe ser retenida por al menos 5 años con el fin de respaldar la implementación y operación del sistema de gestión de energía. Posterior al plazo de los 5 años, la organización decide cual será la disposición final de los registros, si decide conservarlos se debe indicar el lugar.

Tabla 1. Documentos y codificación del sistema de gestión de energía.

DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA	
Documento	Código
Manual	SGE-MA-XXX
Política energética	SGE-PE-XXX
Procedimientos	SGE-PR-XXX
Registros	SGE-RG-XXX

Apéndice 9: Procedimiento planificación y control operacional.

	PROCEDIMIENTO PLANIFICACIÓN Y CONTROL OPERACIONAL	Fecha: 2020/11/26
SGE-PR-008	Ref. ISO 50001-2018. Punto 8.1	Revisión: 00

1. PROPÓSITO

Se busca documentar, mediante este procedimiento, la metodología para el control y seguimiento del proceso de generación de vapor en el centro de salud, así como el consumo de energía eléctrica y la reducción de emisión directa de CO₂.

2. ALCANCE Y LIMITACIONES

Este procedimiento expone la metodología para dar seguimiento a los parámetros relevantes del proceso de generación de vapor.

3. RESPONSABILIDADES

Jefe de ingeniería y mantenimiento

- Aprobar el presente procedimiento y proporcionar los recursos necesarios para la aplicación.
- Aprobar la metodología establecida para garantizar una comunicación asertiva.

Coordinación general

- Actualizar y mejorar el presente documento
- Registrar y documentar las actividades realizadas en este procedimiento.
- Dar seguimiento de tendencias de la información generada en el proceso productivo.

Supervisor de mantenimiento

- Garantizar la operación óptima en el proceso productivo y generación de energía eléctrica.

Todos los trabajadores

- Todo el personal debe seguir las instrucciones y directrices registradas en los documentos del sistema de gestión de energía, vigilar los parámetros del proceso y garantizar una óptima operación.

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR DE AGUA A BASE DE ELECTRICIDAD.


Los datos obtenidos del proceso de generación de vapor de agua a base de energía eléctrica para las distintas áreas del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega (primera etapa áreas de esterilización y segunda etapa sistema centralizado) serán medidos idealmente de forma automática, mediante el uso de tecnología de la industria 4.0.

A continuación, se plantean los parámetros mínimos que se deben medir para dar seguimiento al proceso productivo.

Parámetros de seguimiento:

- Consumo de agua en cada autoclave.
- Cantidad de ciclos efectuados diariamente
- Temperatura de agua de alimentación.
- Consumo de kWh por autoclave.
- Regímenes de trabajo de las áreas de esterilización de hospital con uso significativo.
- Mantenibilidad
- Disponibilidad
- Confiabilidad

Apéndice 10: Procedimiento diseño y adquisición de servicios y equipos de energía.

	PROCEDIMIENTO DISEÑO Y ADQUISICIÓN DE SERVICIOS Y EQUIPOS DE ENERGÍA	Fecha: 2020/11/26
SGE-PR-009	Ref. ISO 50001-2018. Punto 8.2 y 8.3	Revisión: 00

1.PROPÓSITO

Se busca documentar, mediante este procedimiento, la metodología para el diseño y adquisición de servicios, equipos o actividades que influyan en el desempeño energético del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

2.ALCANCE Y LIMITACIONES

Este procedimiento expone la metodología para la implementación o modificación de sistemas, equipos y actividades del proceso productivo de beneficiado que impacten el uso y consumo de energía.

3.RESPONSABILIDADES

Jefe de ingeniería y mantenimiento

- Aprobar el presente procedimiento y proporcionar los recursos necesarios para la aplicación.
- Aprobar la metodología establecida para garantizar una comunicación asertiva.

Coordinación general

- Actualizar y mejorar el presente documento.
- Registrar y documentar las actividades realizadas en este procedimiento.
- Garantizar que el diseño de nuevas instalaciones, equipos y sistemas contemplen la línea de los objetivos energéticos de la organización.

Supervisor de mantenimiento

- Garantizar que la implementación o modificación de las actividades o equipos del proceso productivo impacten de forma positiva el desempeño energético.

Todos los trabajadores

- Operar de forma óptima las actividades o equipos implementados y adquiridos.

4.DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO**4.1Diseño**

De acuerdo con las oportunidades de conservación de energía, si se requiere del diseño o rediseño de sistemas o equipos, se debe realizar un análisis costo beneficio y del impacto al desempeño energético. La coordinación general debe identificar si la implementación es perjudicial o beneficiosa para el desempeño energético y económico de la organización.

Si el diseño es aprobado, se debe registrar las etapas de implementación de acuerdo con lo establecido en el manual.


4.2Adquisición de servicios y equipos de energía

Cuando se requiera la adquisición de equipos o servicios energéticos, se debe evaluar los costos de inversión, el ciclo de vida útil y los beneficios esperados.

Se debe adquirir equipos con estándares internacionales de calidad y de proveedores debidamente certificados.

Se debe tomar en cuenta las nuevas tecnologías existentes en el mercado.

Apéndice 11: Procedimiento seguimiento y medición.

	PROCEDIMIENTO SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN	Fecha: 2020/11/26
SGE-PR-010	Ref. ISO 50001-2018. Punto 9.1	Revisión: 00

1. PROPÓSITO

Se busca documentar, mediante este procedimiento, la metodología para el seguimiento y medición de los parámetros clave del desempeño energético de la organización.

2. ALCANCE Y LIMITACIONES

Este procedimiento expone la metodología para dar seguimiento a los parámetros energéticos, clave, del proceso de generación de vapor del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

3. RESPONSABILIDADES**Jefe de ingeniería y mantenimiento**

- Aprobar el presente procedimiento y proporcionar los recursos necesarios para la aplicación.
- Aprobar la metodología establecida para garantizar una comunicación asertiva.

Coordinación general

- Actualizar y mejorar el presente documento
- Registrar y documentar las actividades realizadas en este procedimiento.
- Generar gráficos de tendencia e indicadores de rendimiento energético.
- Monitorear las tendencias de los indicadores energéticos.
- Dar seguimiento al cumplimiento de los objetivos y metas energéticas.

Supervisor de mantenimiento

- Obtener datos de mediciones y transferirlos a la coordinación general de forma ordenada.
- Monitorear las tendencias de los indicadores energéticos.
- Monitorear el cumplimiento de los objetivos y metas energéticas.

Todos los trabajadores

- Operar de forma óptima las actividades o equipos de la organización.

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

a. Seguimiento y medición de parámetros energéticos

Mediante el uso de la información obtenida en la revisión energética, se identifican los usos significativos de energía y los indicadores energéticos relevantes para la evaluación del desempeño energético.

Con los indicadores calculados se realiza un estudio y monitoreo de la tendencia con respecto a los datos de la línea base.

Se identifica cuál es la tendencia de estos datos y si esta permitirá alcanzar los objetivos y metas energéticas. De lo contrario se debe tomar acción para corregir la tendencia.


Se debe utilizar un sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de datos) para medir parámetros de consumo y generación de energía eléctrica tales como: tensión, corriente, frecuencia, potencia activa, potencia reactiva, consumo y demanda máxima.

b. Seguimiento y medición de objetivos y metas

Mediante el análisis de la tendencia de los indicadores asociados a los objetivos, se monitorea el cumplimiento o no de las metas establecidas en la etapa de planificación.

Se toman decisiones para lograr los objetivos y metas energéticas preestablecidas.

Apéndice 12: Procedimiento calibración de equipos de medición.

	PROCEDIMIENTO CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN	Fecha: 2020/11/26
SGE-PR-011	Ref. ISO 50001-2018. Punto 9.1	Revisión: 00

4.4.1.1. PROPÓSITO

Se busca documentar, mediante este procedimiento, la metodología para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos de medición, así como la veracidad de los datos obtenidos del proceso productivo.

4.4.1.2. ALCANCE Y LIMITACIONES

Este procedimiento expone la metodología para calibrar y verificar el correcto funcionamiento de los instrumentos de medición de energía eléctrica y demás variables relacionadas con el proceso productivo de la organización.

4.4.1.3. RESPONSABILIDADES

Jefe de ingeniería y mantenimiento

- Aprobar el presente procedimiento y proporcionar los recursos necesarios para la aplicación.
- Aprobar la metodología establecida para garantizar una comunicación asertiva.

Coordinación general

- Actualizar y mejorar el presente documento
- Registrar y documentar las actividades realizadas en este procedimiento.
- Planificar la calibración y verificación de los equipos de medición del proceso productivo.

- Garantizar la competencia del encargado de calibración y verificación de los equipos.

Supervisor de mantenimiento

- Revisar el plan de calibración.

Todos los trabajadores

- Operar de forma óptima los equipos de medición requeridos.

5. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

4.1 Equipos de medición energía eléctrica

Se debe realizar el inventario de los equipos de medición de variables eléctricas requeridas para la estimación de indicadores.

El inventario debe incluir la siguiente información mínima:

- Código de equipo.
- Tipo de equipo.
- Localización.
- Estado.
- Fecha de última calibración.
- Fecha de próxima calibración.

Cada equipo debe tener ficha técnica con la siguiente información mínima:

- Código de equipo.
- Tipo de equipo.
- Marca y modelo.
- Fecha de adquisición.
- Rango de medida.
- Incertidumbre.
- Fecha de calibración.
- Periodicidad de calibración.
- Número de calibraciones.

4.2 Calibración

Para garantizar datos precisos y repetibles se debe realizar la calibración. La periodicidad de la calibración está definida por el fabricante, por factores de operación y condiciones de uso.

La calibración puede ser realizada por el mismo hospital o por terceros según la competencia y formación requerida.

Apéndice 13: Procedimiento auditoría interna.

	PROCEDIMIENTO AUDITORÍA INTERNA	Fecha: 2020/11/26
SGE-PR-012	Ref. ISO 50001-2018. Punto 9.2	Revisión: 00

6. PROPÓSITO

Se busca documentar, mediante este procedimiento, la metodología para programar e implementar auditorías internas en la organización de acuerdo con la etapa de evaluación del desempeño energético.

7. ALCANCE Y LIMITACIONES

Este procedimiento expone la metodología para programar y auditar el uso y consumo de energías renovables y energías no renovables dentro de su sistema de generación térmica del hospital.

8. RESPONSABILIDADES

Jefe de ingeniería y mantenimiento

- Aprobar el presente procedimiento y proporcionar los recursos necesarios para la aplicación.
- Aprobar la metodología establecida para garantizar una comunicación asertiva.
- Revisar los resultados obtenidos de la auditoría.

Coordinación general

- Actualizar y mejorar el presente documento
- Registrar y documentar las actividades realizadas en este procedimiento.
- Planificar anualmente las auditorías energéticas, plazos y medios.

- Establecer el responsable de la auditoría de acuerdo con la formación y competencia requerida.

Supervisor de mantenimiento

- Proveer y dar acceso a datos e información al auditor durante el periodo de auditoría.

Todos los trabajadores

- Facilitar datos e información acerca de las operaciones y el proceso productivo.

9. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

9.1. Planificación de la auditoría

Se debe realizar, anualmente, la planificación de la auditoría entre la coordinación general y el auditor interno.

La planificación debe tener los siguientes aspectos:

1. Objetivos de la auditoría.
2. Alcance y limitaciones.
3. Necesidades y expectativas.
4. Nivel de detalle.
5. Periodo de tiempo.
6. Criterio de evaluación y priorización de OCE.
7. Compromiso de tiempo y recursos.
8. Obtención de datos previos.
9. Entregables.
10. Instalaciones, servicios y equipos requeridos.

La auditoría ordinaria se debe realizar anualmente para garantizar la implementación del sistema de gestión de energía.

Se pueden realizar auditorías extraordinarias en caso de que ocurran cambios importantes en el proceso productivo o en el desempeño energético en general.

La planificación debe ser revisada junto con la gerencia y aprobada.

9.2. Realización de la auditoría

Primeramente, el auditor energético se congrega con el personal de la organización y se confirman los objetivos y alcances de la auditoría.

El auditor se encarga de revisar los aspectos acordados de acuerdo con la planificación y obtiene la información requerida para evaluar el desempeño energético de la empresa y del sistema de gestión de energía.

Se debe evaluar los procedimientos de operación, documentación, tratamiento de las no conformidades y los registros de información.


9.3. Resultados de la auditoría

Los resultados de la auditoría se deben presentar por escrito, de forma digital, mediante un informe ejecutivo que incluya:

1. Resumen ejecutivo.
2. Antecedentes.
3. Detalles de la auditoría.
4. Oportunidades de conservación de energía.
5. Conclusiones y recomendaciones.

Se debe realizar una reunión de cierre donde se expongan los resultados obtenidos ante la gerencia y la coordinación general.

Apéndice 14: Procedimiento no conformidad y acción correctiva.

	PROCEDIMIENTO NO CONFORMIDAD Y ACCIÓN CORRECTIVA	Fecha: 2020/11/26
SGE-PR-013	Ref. ISO 50001-2018. Punto 10.1	Revisión: 00

10. PROPÓSITO

Se busca documentar, mediante este procedimiento, la metodología para atacar cualquier no conformidad encontrada en la implementación y operación del sistema de gestión de energía.

11. ALCANCE Y LIMITACIONES

Este procedimiento expone la metodología para tratar las no conformidades encontradas a lo largo de los procesos de revisión y auditoría del sistema de gestión de energía.

12. RESPONSABILIDADES**Jefe de ingeniería y mantenimiento**

- Aprobar el presente procedimiento y proporcionar los recursos necesarios para la aplicación.
- Aprobar la metodología establecida para garantizar una comunicación asertiva.

Coordinación general

- Actualizar y mejorar el presente documento
- Registrar y documentar las actividades realizadas en este procedimiento.
- Estudiar las causas de las no conformidades.
- Proponer planes de tratamiento para las no conformidades.

Supervisor de mantenimiento

- Poner en práctica los planes para solucionar las no conformidades.

Todos los trabajadores

- Colaborar en el tratamiento de las no conformidades para su solución.
- Detectar y notificar las posibles no conformidades.

13. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO**13.1. No conformidades**

Cuando se detecten no conformidades se debe notificar inmediatamente a la coordinación general.

Se evalúa, la no conformidad, de acuerdo con el impacto a la seguridad humana, operativo y de requisitos legales con el fin de analizar la criticidad de la situación.

Se debe priorizar las acciones correctivas de acuerdo con el análisis de criticidad.

Se elabora un plan de acción correctiva para atacar de manera inmediata la no conformidad y minimizar el impacto en el desempeño energético.

Posteriormente se debe elaborar un informe donde se expliquen las causas que provocaron la no conformidad y las acciones tomadas para solucionar el problema.

Apéndice 15: Procedimiento revisión por la dirección.

	PROCEDIMIENTO REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN	Fecha: 2020/11/26
SGE-PR-014	Ref. ISO 50001-2018. Punto 9.3	Revisión: 00

14. PROPÓSITO

Se busca documentar, mediante este procedimiento, la metodología para realizar las revisiones anuales del sistema de gestión de energía por parte de la alta dirección.

15. ALCANCE Y LIMITACIONES

Este procedimiento expone la metodología para la revisión de las actividades realizadas a lo largo de la implementación y operación del sistema de gestión de energía.

16. RESPONSABILIDADES**Jefe de ingeniería y mantenimiento**

- Aprobar el presente procedimiento y proporcionar los recursos necesarios para la aplicación.
- Aprobar la metodología establecida para garantizar una comunicación asertiva.
- Revisar los aspectos relevantes del sistema de gestión de energía.

Coordinación general

- Actualizar y mejorar el presente documento
- Registrar y documentar las actividades realizadas en este procedimiento.
- Exponer los aspectos por revisar a la alta dirección.

Supervisor de mantenimiento

- Proporcionar la información requerida por la coordinación general para la revisión por la dirección.

17. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO**17.1. Información por revisar**

Se debe recopilar la información pertinente y exponerla a la gerencia. La información mínima que debe revisarse es:

- Las acciones realizadas en revisiones anteriores.
- Política energética.
- Desempeño energético.
- Requisitos legales.
- Cumplimiento de los objetivos y metas energéticas.
- Resultados de las auditorías energéticas.
- No conformidades y acciones correctivas.
- Tendencias del desempeño energético.
- Actividades de mejora.

17.2. Revisión

Se realiza la reunión entre la coordinación general y la gerencia, se revisan los puntos acordados en la sección anterior y se elabora un informe con la necesidades y mejoras propuestas y acordadas.

La información mínima del informe debe incluir:

- Acuerdos acerca del desempeño energético
- Acuerdos en política energética.
- Indicadores de desempeño energético.
- Objetivos y metas acordadas
- Recursos y responsabilidades asignadas.

Apéndice 16: Desarrollo del cálculo de los indicadores económicos y de desempeño energético del sistema de vapor Caldera Cleaver Brooks 70 BHP.

Análisis de ciclo de vida útil.

Los estudios de viabilidad económica deben abordar todos los aspectos del costo del ciclo de vida.

Debe evitarse cometer errores no aptos desde el punto de vista costo-efectividad.

$$\text{LCC} = (\text{Cic} + \text{Cin} + \text{Ce} + \text{Co} + \text{Cm} + \text{Cs} + \text{Camb} + \text{Cd})$$

LCC: Costo de ciclo de vida útil

Cic: costo inicial, de compra

Cin: costo de instalación y puesta en marcha

Ce: costo de energéticos

Co: costo de operación

Cm: costo de mantenimiento

Cs: tiempo de avería, pérdida de producción

Camb: costos medioambientales

Cd: costo de retirada.

Tomado de libro: *Gestión integral de activos. Luis Amendola. 2 edición. y presentación del curso Ahorro Energético Prof. Ing. Carlos Piedra de la escuela de electromecánica del Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2020.*

Desarrollo de indicadores de costo de energéticos GAS LP

a. Producción de vapor en base a combustible gas LP

Energía liberada a 60% presión de trabajo y 25% de la carga demandada.

$$Q_{boquilla\ nominal} = 70\ BHP * \frac{33\ 472\ \frac{BTU}{h}}{BHP} = 2\ 343\ 040\ \frac{BTU}{h}$$

$$Q_{boquilla\ real} = Q_{boq.nominal} * Carga\ trab. = 2\ 343\ 040 * 0,6 = 1\ 405\ 824\ \frac{BTU}{h}$$

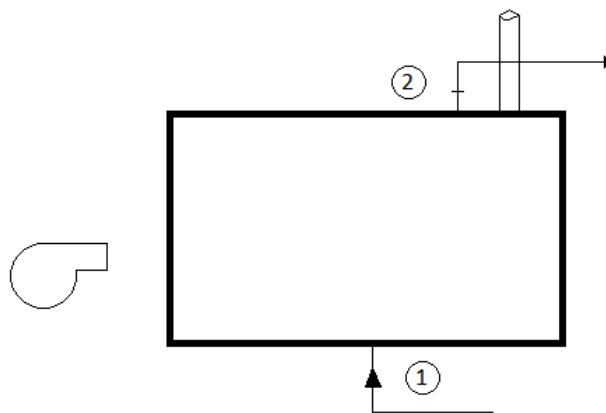
$$\Rightarrow Consumo\ gas\ LP = 1\ 405\ 824\ \frac{BTU}{h} * \frac{1\ gal}{91\ 547\ BTU} * \frac{3.785\ l}{1\ gal} = 58,12\ \frac{l}{h}$$

Estimación según datos recopilados de litros en el mes de enero 2020 en el hospital basados en el promedio del 75% de los datos recopilados: 22 202,7

Estimación según datos recopilados de horas de producción de la *Caldera Cleaver Brooks 70 BHP*: 360,5

Los indicadores de energía se calculan para la selección del consumo pico mensualmente durante el período de auditoría en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

Para el análisis de generación de vapor de agua a base de combustible gas LP, se toma en cuenta la energía sensible + energía latente; necesaria para el proceso del sistema Caldera Cleaver Brooks.



$$Q_{1 \rightarrow 2} = m \times [(Cp \times \Delta T) \times (h_2 - h_1)]$$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = Q_{boq.real} * \eta_{caldera}$$

$$\dot{m}_{actual} = \frac{Q_{boq.real} * \eta_{caldera}}{[(Cp \times \Delta T) \times (h_2 - h_1)]}$$

$$h_1 = h_f @ T = 30^\circ\text{C} (86^\circ\text{F}) = 54,43 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$h_2 @ P = 70 \text{ psig} = 1184,67 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

Input:		Units:	
Temperature	86	<input type="radio"/> Metric/SI	
Pressure	139.7	<input checked="" type="radio"/> English	
		Calculate	Close
Property	Value	Unit	
Temperature	86	°F	
Pressure	139.7	psia	
Steam quality	Indeterminate	%	
Volume	0.0160823	ft³/lb	
Density	62.1803	lb/ft³	
Compressibility factor	0.00691186	dimensionless	
Enthalpy	54.4318	Btu/lb	

INPUT

°C **psig** 70 psig >

OUTPUT

TEMPERATURE
Temperature 157,7495 °C

SPECIFIC ENTHALPY
Water (hf) 286,2551 Btu/lb
Evaporation (hfg) 898,4172 Btu/lb
Steam (hg) 1184,6723 Btu/lb

SPECIFIC VOLUME
Steam (s) 5,1961 ft³/lb

Settings

Los datos de presión de trabajo actual (70 psig) se tomaron directamente de la caldera.

Eficiencia de caldera: 84% (última prueba de eficiencia, ver anexos)

Según datos recopilados, se tiene:

Volviendo al cálculo de la masa:

$$\dot{m}_{actual} = \frac{1\,405\,824 \times 0,84}{(1\,184,67 - 54,43)} = 1\,044,81 \frac{\text{lb}}{\text{h}} = 473,92 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Con respecto al flujo másico anterior se puede utilizar como valor práctico para evaluar el indicador de kilogramos de vapor/colones.

Por lo tanto, sin tomar en cuenta las pérdidas del arranque, con el supuesto que el tiempo de operación es continuo, se tiene:

$$473,92 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 360,5 \text{ h} \approx 170\,848,16 \text{ kg de vapor}$$

Ahora el gasto en combustible gas LP sería:

$$58,12 \frac{l}{h} \times 360,5 h \approx 20\,952,26 \text{ litros de gas LP}$$

El costo promedio por litro según el proveedor. Fuente: Gas Z, 2020.

Costo promedio litro de gas LP: 204 colones

Costo mensual de litros de gas LP de la estimación: 4 274 261,04 colones

El indicador de colones/kg de vapor sería (mensual):

$$\frac{4\,274\,261,04 \text{ colones}}{170\,848,16 \text{ kilogramos de vapor}} \approx 25,01 \text{ colones/ kg de vapor al 60\% de presión de}$$

trabajo y 25% de la carga demandada.

Lo anterior sería el indicador energético de consumo de combustible gas LP con respecto a las variables de eficiencia actual de la caldera, presión de trabajo y consumo de litros de gas LP.

Se puede observar a continuación el indicador de colones/kg de vapor adicionando el costo completo de ciclo de vida útil del sistema de generación de vapor *Caldera Cleaver Brooks 70 BHP*.

Tabla AP1. Análisis de ciclo de vida útil (CCV) Sistema de Generación de Vapor
Caldera Cleaver Brooks 70 BHP Categoría C. Fuente: Elaboración propia.

Costo de ciclo de vida útil información necesaria para el sistema Caldera Cleaver Brooks 70 BHP		
Nombre de Indicador de Costo	Costo Indicador (colones)	Detalle
Costo de adquisición	ND	Año de fabricación 1992 y año de instalación 1993. Fuera de ciclo de vida.
Costo de operación del sistema	₡64 311 048,76	Suma de costos de operación de la caldera Cleaver Brooks.
Costo de combustible gas LP	₡37 700 458,60	Promedio año 2020, ₡4 200 000 mensuales.
Costo de electricidad	₡1 764 926,16	Motores eléctricos y consumo de sistema de control.
Costo de químicos	₡1 500 000,00	Costo promedio ₡125 000 colones mensuales (tratamiento químico para el agua de la caldera de GLP).
Costo de consumo de agua	₡1 743 324,00	Tarifa gobierno AyA, promedio de consumo 122 m ³ o más.
Pago de mano de obra personal operación de la caldera	₡20 402 340,00	2 operarios, salario mensual ₡850 097,5 colones.
Capacitación y entrenamiento personal operación y mantenimiento	ND	Costo de capacitación de personal.
Recursos informáticos de Operación y Mantenimiento, Software, base de datos, documentos	ND	Costo integrado desde Administración Central CCSS.
Manuales de operación y mantenimiento, procedimientos, instrucciones, informe de fallos	ND	Promedio de ₡75 000,00 colones mensuales.
Mantenimiento de los activos	ND	Costo de mantenimiento del sistema de vapor tercerizado.
Repuestos requeridos para operación	₡1 200 000,00	Promedio en repuestos ₡100 000 colones mensuales
Datos de producción y eficiencia de equipos	ND	Costo de análisis de datos
Gastos por desincorporación	₡26 300 000,00	Consulta externa sobre disposición final de un sistema Caldera gas LP.
Total CCV Colones (Anual)	₡103 310 590,2	Costo final promedio anual de ciclo de vida para el sistema Caldera Cleaver Brooks 70 BHP.

Los valores que fueron ingresados en el año 0 (1993) como lo sería el costo de adquisición, fueron llevados al valor futuro hasta el año de disposición final, que para este sistema sería el año 2020 donde estará en funcionamiento.

El nuevo indicador de colones/kilogramo de vapor sería (mensual):

$$\frac{17\,548\,076,04 \text{ colones}}{170\,848,16 \text{ kilogramos de vapor}} \approx 102,71 \text{ colones/ kg de vapor al 60\% de presión de trabajo y 25\% de la carga demandada.}$$

El desempeño energético donde se evalúa el rendimiento del gas LP por día, se tiene el siguiente valor:

$$\frac{116\,550,18 \text{ colones}}{1 \text{ día}} \approx 116\,550,18 \text{ colones/día al 25\% de desempeño energético}$$

por la Caldera Cleaver Brooks 70 BHP

Apéndice 17: Desarrollo del cálculo de los indicadores económicos y de desempeño energético del sistema a instalar: autoclave con generador eléctrico para vapor propio.

Desarrollo de indicadores de costo de energéticos kW/h

b. Producción de vapor en base de electricidad (kW/h)

Energía liberada a 100% carga

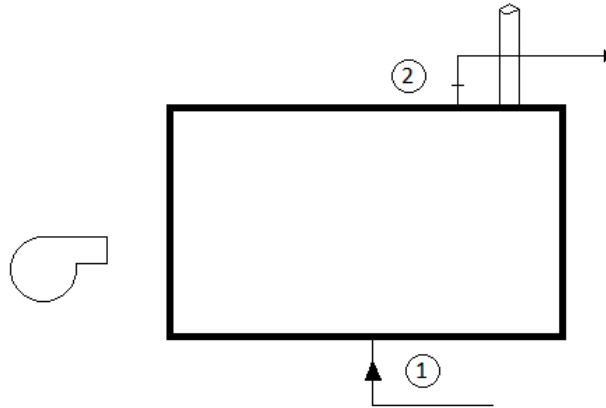
$$Q_{\text{generador}} = 54 \text{ kW/h} * \frac{3413 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}}{\text{kW/h}} = 184\,302 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

$$Q_{\text{generador real}} = Q_{\text{generador nominal}} * \text{Carga trab.} = 184\,302 * 1 = \mathbf{184\,302 \frac{BTU}{h}}$$

$$\Rightarrow \text{Consumo Electricidad} = \mathbf{54 \frac{kW}{h}}$$

La estimación según carga nominal de los equipos que tienen una capacidad de esterilización de volumen de 510 litros tiene una potencia de 54 kW/h. Se realiza el mismo diagrama de flujo de calor de energía sensible + energía latente.

Para el análisis siguiente los indicadores de energía se calculan para la selección del consumo pico mensualmente durante el período de auditoría en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega. Para este sistema de autoclave eléctricas se tomó el período de *14 horas por 30 días*.



$$Q_{1 \rightarrow 2} = m \times [(Cp \times \Delta T) \times (h_2 - h_1)]$$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = Q_{\text{generador}} * \eta_{\text{generador}}$$

$$\dot{m}_{\text{actual}} = \frac{Q_{\text{generador}} * \eta_{\text{generador}}}{[(Cp \times \Delta T) \times (h_2 - h_1)]}$$

$$h_1 = h_f @ T = 23,5^\circ C (74,3^\circ F) = 42,36 \frac{BTU}{lb}$$

$$h_2 @ P = 80 \text{ psig} = 1\,186,76 \frac{BTU}{lb}$$

Los datos de presión de 80 psig se obtuvo del fabricante como presión máxima de trabajo de la cámara de vapor del sistema autoclave.

Eficiencia de caldera: 95%

Según datos recopilados, se tiene:

Volviendo al cálculo de la masa:

$$\dot{m}_{\text{actual}} = \frac{184\,302 * 0,95}{(1\,186,76 - 42,36)} = 152,99 \frac{lb}{hr} = 69,39 \frac{kg}{h}$$

Con respecto al flujo másico anterior se puede utilizar como valor teórico para evaluar el indicador de kilogramos de vapor/colones por autoclave.

Por lo tanto, sin tomar en cuenta las pérdidas del arranque, con el supuesto que el tiempo de operación es continuo, se tiene:

$$69,39 \frac{kg}{h} \times 420 h \approx 29\,143,8 \text{ kg de vapor por autoclave}$$

Ahora el gasto en electricidad sería:

$$54 \frac{kW}{h} \times 420 h \approx 22\,680 \text{ kW por autoclave}$$

El costo promedio kWh según el proveedor. Fuente: ICE, 2020.

Publicado en el Alcance N°256 Gaceta N°239 del 29 de setiembre del 2020	
C. Precios mensuales:	
Cargo por potencia, por cada kW	
Periodo punta:	¢ 10 276.55
Periodo valle:	¢ 7 175.22
Periodo nocturno:	¢ 4 595.90
Cargo por energía, por cada kWh	
Periodo punta:	¢ 63.33
Periodo valle:	¢ 23.52
Periodo nocturno:	¢ 14.48

Figura AP1. Precios de media tensión ICE usuarios que consumen 12000 kWh al año.
Fuente: ICE electricidad, 2020.

Costo mensual de kW/h de la estimación: 893 997,8 colones por autoclave

***El costo anterior sería por una autoclave de 54kWh conectada a 480V trabajando en media tensión con las tarifas del ICE en un horario de 6am a 8pm.**

El indicador de colones/kg de vapor sería:

$$\frac{893\,997,8 \text{ colones}}{29\,143,8 \text{ kilogramos de vapor}} \approx 30,67 \text{ colones/ kg de vapor por autoclave}$$

Lo anterior sería el indicador energético de consumo de electricidad con respecto a las variables de eficiencia actual del generador de la autoclave, presión de trabajo máxima y consumo de kWh.

Se puede observar a continuación el indicador de colones/kg de vapor adicionando el costo completo de ciclo de vida útil del sistema autoclave con generador eléctrico propio.

Además, para acercar la demanda del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega se utiliza como referencia el volumen demandado según Matas, A, 2018.

Se puede calcular el número de autoclaves de vapor necesarias para el centro de servicio según las características y requerimientos del hospital; se calcula previamente el volumen de vapor (en litros) necesario diariamente:

$$V = \frac{V1 \times Q \times N1 + V2 \times P \times N2 + V3 \times C}{N \times K1 \times K2} = \frac{140 \times 4 \times 2 + 80 \times 2 \times 2,4 + 8 \times 100}{7,1 \times 0,7 \times 0,86}$$

$$= 539,04 \text{ litros}$$

V = Volumen a esterilizar. (litros)

V1 = Volumen que se produce en cada intervención. (litros)

V2 = Volumen que se produce en cada parto. (litros)

V3 = Volumen que se produce en cada cama hospitalaria. (litros)

K1 = Coeficiente de aprovechamiento de la cámara.

K2 = Coeficiente de seguridad en el trabajo.

Q = Número de quirófanos.

P= Número de paritorios.

C= Número de camas.

N = Número de procesos al día de cada esterilizador.

N1 = Número de intervenciones diarias por quirófano.

N2 = Número de partos diarios por paritorio.

Se considera el promedio de volumen de material a esterilizar, según lo referencian los manuales “Manual de Esterilización” de INSALUD, se obtienen los siguientes valores:

- 140 litros por intervención en el quirófano.
- 80 litros parto.
- 8 litros por cama hospitalaria diaria.

A estos valores se tiene que aplicar los coeficientes siguientes, según marca el “Manual de Esterilización” de INSALUD:

- Coeficiente de aprovechamiento de la cámara = 0,7
- Coeficiente de seguridad en el trabajo = 0,86

Según los datos de la auditoría energética del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega en San Ramon, Alajuela, El centro de salud dispone de:

- 100 camas hospitalarias.
- 4 quirófanos, donde se realizan, aproximadamente, 2 intervenciones diarias en cada uno (en total 8 intervenciones diarias).
- 2 paritorios, donde se realizan en aproximadamente, 2,4 partos diarios en cada uno (en total 4,8 partos diarios).

El volumen total de material generado sería de 539,05 litros.

Teniendo en cuenta que la capacidad de la Autoclaves que se seleccionaron es de 510 litros, serían necesarias:

$$\frac{539,05 \text{ (volumen material)}}{510 \text{ (volumen por máquina)}} \approx 1,05 \text{ autoclaves}$$

Teniendo en cuenta una serie de parámetros y realizando los pertinentes cálculos, ya se tiene el número de autoclaves que serán necesarias para poder abastecer al hospital de material estéril.

Se seleccionaron 4 esterilizadores de vapor, autoclaves, con el fin de mantener la exigencia de sistemas redundantes en las dos áreas de esterilización.

Tabla AP2. Análisis de ciclo de vida útil (CCV) Sistema Autoclave Tuttnauer 54 kWh con generador eléctrico propio.

Ciclo de vida útil información necesaria para el sistema Autoclave Tuttnauer 54kWh		
Nombre de Indicador de Costo	Costo Indicador (colones)	Detalle
Costo de adquisición	₡145 200 000,00	Año de fabricación 2020 y año de instalación 2020.
Costo de operación del sistema	₡14 431 297,60	Suma de costos de operación de del sistema autoclave.
Costo de electricidad	₡10 727 973,60	Promedio año 2020, ₡893 997,80 mensuales.
Costo de consumo de agua	₡1 743 324,00	Tarifa gobierno AyA, promedio de consumo 122 m ³ o más.
Costo de químicos	₡1 500 000,00	Costo promedio ₡125 000 colones mensuales (tratamiento químico para el agua de la caldera de GLP). *valor tomado de referencia.
Capacitación y entrenamiento personal operación y mantenimiento	ND	*Incluye el proveedor.
Recursos informáticos de Operación y Mantenimiento, Software, base de datos, documentos	ND	Costo integrado desde Administración Central CCSS.
Manuales de operación y mantenimiento, procedimientos, instrucciones, informe de fallos	ND	*Incluye el proveedor y sistema integrado al big data.
Mantenimiento de los activos	₡460 000,00	Se programan dos visitas al año.
Repuestos e insumos requeridos para operación	ND	*Inicio de curva bañera de ciclo de vida útil, etapa mortalidad infantil.
Datos de producción y eficiencia de equipos	ND	*Incluye el proveedor y sistema integrado al big data.
Gastos por desincorporación	₡0,00	*Inicio de curva bañera de ciclo de vida útil, etapa mortalidad infantil.
Total CCV Colones (Anual)	₡159 631 297,60	Costo final promedio anual de ciclo de vida para el sistema autoclave 54 kWh.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa una disminución de costos de operación con respecto al sistema de vapor de gas LP.

El nuevo indicador de colones/kilogramo de vapor sería (una evaluación sobre año 0):

$$\frac{14\,196\,605,93 \text{ colones}}{29\,143,8 \text{ kilogramos de vapor}} \approx \mathbf{487,12 \text{ colones/kg de vapor por autoclave}}$$

El desempeño energético donde se evalúa el rendimiento del costo de kWh por día, se tiene el siguiente valor:

$$\frac{38\,039,76 \text{ colones}}{1 \text{ día}} \approx \mathbf{38\,039,76 \text{ colones/día al 100\% de desempeño energético por}}$$

autoclave

Apéndice 18: Instalación eléctrica: autoclave con generador eléctrico propio para vapor.

Se seleccionó una autoclave de potencia de 54kW/h con las siguientes características.

Tablas AP3. Características eléctricas de Autoclave 54kW/h

Voltaje (V)	480
Factor de potencia	0,95
Factor de carga	1
Fases	3
Potencia (kWh)	54
Frecuencia (Hz)	60

Fuente: Elaboración propia.

Se utiliza el criterio NFPA 70 del NEC 2014 y fabricante como referencia para el diseño de la instalación eléctrica para la puesta en marcha de las áreas de esterilización.

Tabla AP4. Diseño de instalación Eléctrica para el área de esterilización según criterio NFPA 70.

Cálculo de la caída de tensión inicial												
Circuito	Longitud crítica (m)	Calibre (#AWG THHN L1, L2, L3 y N)	Calibre (#AWG THHN T)	Resistividad del material (Ω/km)	Capacidad (VA)	Voltaje (v)	Corriente (A)	% CV	CV total	Disyuntor (A)	Área (mm ²) por grupo	Ducto EMT (métrico)
Autoclave 1 - Centro de Esterilización	44.8	2	8	0.685	31397	480	65	0.83	0.83	90	353,47	35
Autoclave 2 - Centro de Esterilización	44.8	2	8	0.685	31397	480	65	0.83	0.83	90	353,47	35
Autoclave 1 - Centro de Esterilización	6	2	8	0.685	15698	208	75	0.15	0.35	80	353,47	35
Circuito	Longitud (m)	Calibre (#AWG THHN L1, L2, L3 y N)	Calibre T	Resistividad del material (Ω/km)		Capacidad (VA)	Voltaje de fase (v)	Corriente de carga (A)	CV	Disyuntor (A)	Área (mm ²) por grupo	Ducto EMT (métrico)
Tablero TCN NQOB de 30 espacios 200A-480VAC 3Ø	5	6	8	1,61		16800	480	35	0,20	50	154,45	27

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 19: Instalación del sistema colector de tanque de agua y panel térmico solar.

Memoria de Cálculo de Calentadores Solares:

El Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega requiere para mejorar el indicador de KW/colones en los sistemas de esterilización por medio de autoclaves con generador propio una solución de ahorro energético.

Para diseñar una cotización de colectores solares, es importante considerar los materiales y la geometría para asegurar absorptividad y emisividad en orden de calentar el líquido agua. La temperatura de diseño sería 60°C para la entrada de los sistemas de esterilización.

Tabla AP5. Condiciones del sitio de instalación. Ubicación: San Ramón Centro, Alajuela.

Latitud	8°
Condiciones de Diseño	
Temperatura Ambiente	25°C
Temperatura Exterior	33°C
Temperatura de Diseño	60°C

Fuente: Elaboración propia.

Se proponen sistemas sostenibles por medio del uso de energías renovables como se indica a continuación; sistemas de colectores solares:

Tabla AP6. Diseño sobre demanda máxima de las áreas de esterilización.

	Centro de Servicios	Centro de Acopio
Demanda máxima (litros)	531,25	200,25
Diseño de Demanda (litros)	1000	300
Uso diario (horas)	14	14

Fuente: Elaboración propia.

El método básico para medir el rendimiento del colector es exponer el colector en funcionamiento a la radiación solar y medir las temperaturas de entrada y salida del fluido y la velocidad del fluido. La ganancia útil es

$$Q_u = \dot{m}C_p(T_o - T_i)$$

Basado en lo anterior se puede calcular cuánta carga térmica es necesaria para elevar la temperatura del sistema.

$$Q_u = 1000 \text{ kg} \times 4,190 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}} (60^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C})$$

$$Q_u = 155\,030 \text{ kJ/h}$$

$$1 \text{ kW} = 3600 \text{ kJ/h}$$

Se necesitan al menos 43,06 kW de potencia en el sistema para generar la suficiente energía para elevar la temperatura de trabajo del agua.

En estado estacionario, el rendimiento de un colector solar se describe mediante un balance energético que indica la distribución de la energía solar incidente en energía útil, pérdidas térmicas y pérdidas ópticas. Fuente: Beckman, D.

$$Q_u = A_c [S - U_L(T_{pm} - T_a)]$$

S = Radiación solar absorbida por un colector por unidad de área de colector.

U_L = Coeficiente de transferencia de calor.

T_{pm} = Temperatura media de la placa absorbente (°C)

T_a = Temperatura ambiente (°C)

A_c = Área de captación de producción de energía útil de un colector (m²)

Para el análisis de la radiación solar se obtiene el dato directamente del meteorológico de Costa Rica donde existe un promedio de carga de 1750 kW/h de radiación en el país o $G_{solar} = 650 \text{ W/m}^2$.

Para obtener una guía de la selección de un material para la placa de metal que va soldada a los tubos de cobre que transportan el líquido, se puede usar un balance de energía.

$$Q_{1 \rightarrow 2} = m \times (h_2 - h_1) \quad , \quad 1 \text{ kW/h} = 3600 \text{ kJ/h}$$

$$h_2 @ P = 80 \text{ psig} = 2\,759,79 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ (presión de trabajo autoclave)}$$

$$h_1 = h_f @ T = 23,5^\circ\text{C} = 98,56 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ (sin economizador)}$$

$$h_1 = h_f @ T = 60^\circ\text{C} = 251,15 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ (con economizador)}$$

Tabla AP7. Cálculo del ahorro energético para el sistema colector de agua térmico solar.

Sistema Colector	Capacidad (litros)	Flujo de calor (kW/h) (sin economizador)	Flujo de calor (kW/h) (con economizador)	Ahorro proyectado (%)
Zona A	1000	739,23	696,84	6
Zona B	300	221,76	209,05	6

Fuente: Elaboración propia.

Tabla AP8. Diseño sobre demanda máxima de las áreas de esterilización.

Aspectos técnicos para instalación de colectores solares.	
Espesor de aire entre placa y vidrio (mm)	25
Emisividad placa de metal (ε)	0,95
Absortividad placa de metal (α_s)	0,75
Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura alrededor (°C)	33
Velocidad del viento promedio (m/s)	0,60
Coeficiente de convección forzada viento (h_w)	8
Temperatura promedio superficie placa metálica (°C)	45
Inclinación colectora solar (β)	30°
Emisividad vidrio bajo hierro	0,90
Espesor del aislamiento trasero (mm)	75
Conductividad del aislamiento (W/m°C)	0,045
Longitud del banco del colector (mm)	2005
Ancho del banco colector (mm)	1003
Espesor del colector (mm)	60
Espesor del aislamiento del borde (mm)	50

Fuente: Elaboración propia.

Según los datos del fabricante con una eficiencia del 75% en los colectores se puede asumir una carga diaria de 3,5kWh/m². Por lo tanto, con 8 colectores tipo panel plano suple la carga diaria con una temperatura de diseño de 77,11°C

Con respecto al volumen de agua se tiene por datos del fabricante un promedio de volumen de diseño de 40 litros por metro cuadrado/hora para paneles tipo plano. Por lo tanto, se diseñó el diámetro de la tubería.

Se tiene un caudal de $16 \text{ m}^2 \times 40 \text{ litros} = 640 \text{ litros/hora}$

Se selecciona un diámetro de $\frac{3}{4}$ " por recomendación del fabricante y para la salida de la carga de 1" para velocidades de 1,5m/s

Apéndice 20: Propuesta de implementación de sistema de generación de vapor 100% eléctrico centralizado para el total de cargas térmicas del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

Tabla AP9. Datos de consumo de vapor de agua por áreas del centro de salud.

Equipo	Consumo (kg/h)	Presión trabajo (bar)
# 1 Esterilización	350	3,5
# 2 Cocina	300	3,0
# 3 Lavandería	350	2,8
# 4 Secado	350	2,5

Fuente: Elaboración propia.

Selección de la Caldera

- Caudal de Diseño tomando en cuenta un factor de ampliación de un **20 %** y el factor por radiación.

*Cálculo de Longitud Equivalente:

$$L_{eq} = \sum \text{Longitud_tubería} + \text{Estimación_Pérdidas_accesorios}(\%)$$

$$L_{eq} = 98,75\text{m} + 20\%$$

$$L_{eq} = 118,5\text{m}$$

Nota: Se utilizará para el cálculo de $f_{rad,tuberías}$ donde el factor sería 1% por cada 30m de L_{eq}

*Cálculo de factor de evaporación en la peor condición @ 60°C:

Ahora para ello se tomará la presión de trabajo calculada en el punto d.

$P_{trabajo} @ 6 \text{ bar}$ con un retorno de condensado @ 60°C

El factor de evaporación sería (tomado de SELMEC CLEAVER BROOKS):

$$f_{evaporación, 6bar@60°C} = 1,111$$

*Nota: El factor de evaporación a 6 bar con un retorno de condensado de 60°C se obtiene 1,111. Por lo tanto, se asume un valor de **11% en factor de evaporación** para el cálculo preliminar de selección de caldera.*

Ahora se tiene,

$$Q_{pre,selec \text{ caldera}} = Q_{max} \times (1 + f_{ampliación} + f_{rad,tuberías} + f_{rad,caldera} + f_{evaporación})$$

$$Q_{pre,selec \text{ caldera}} = 1000,2 \frac{kg}{h} \times (1 + 0,2 + 0,0395 + 0,02 + 0,11)$$

$$Q_{prelim,selecc \text{ caldera}} = 1360,67 \frac{kg}{h}$$

b. ESTIME Potencia de la caldera a instalar.

$$\frac{1360,67 kg}{h} \times \frac{1 BHP}{15,65 kg/h} = 86,90 BHP$$

Se estima una potencia de 90 BHP, esto realizando una equivalencia se puede estimar una potencia eléctrica de 982,74 kW en caldera eléctrica.

c. La presión a la que trabajará la caldera.

$$P_{trabajo} = [P_{min,requerida} + Pérdida_caídaPresión(\%)] + \Delta P_{modulación}$$

$$P_{trabajo} = (3,5 \text{ bar} + 20\%) + 2 \text{ bar}$$

$$P_{trabajo} = 6,2 \text{ bar}$$

Se selecciona una presión de trabajo de 7 bar para la caldera.

Diseño de tuberías

TRAMO A-B

Se asume una caída de 3% de presión para el tramo A-B.

$P_{caldera} @ 7 \text{ bar}$

$P_B @ 6,8 \text{ bar}$

$$L_{equivalente} = 41,5 \text{ m} + 20\% = 49,8 \text{ m}$$

Con los factores de presión tomados de la tabla 4 de folleto de distribución de vapor SPIRAX, se obtiene el siguiente factor de caída de presión.

$$\frac{F_1 - F_2}{L_{equivalente}} = \frac{55,39 - 52,77}{49,8} = 0,052$$

Con este factor de caída de presión se tiene que ir a la tabla 3 folleto de distribución de vapor SPIRAX.

Se obtiene preliminarmente de un diámetro de 80mm y ajustando el valor de caudal del tramo A-B de $1360,67 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$ un valor de $Y = 115,7$. Ahora se comprueba la velocidad del flujo.

*Nota: El volumen específico necesario calcular la velocidad real se toma con respecto al punto del tramo de la tubería de mayor presión. En este caso sería un **volumen específico para una presión de 6 bar**.*

$$Velocidad \text{ Real } \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = \frac{Y \times (\text{volumen}_{\text{específico}})}{1 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} = \frac{115,7 \times 0,240 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}{1 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} = 27,76 \text{ m/s}$$

Se observa una velocidad de diseño de lo sugerido para tuberías principales (25m/s – 35m/s).

Por lo anterior se asume un valor de 80 mm en la tubería y una velocidad de 27,76m/s para una caída de 0,2 bar representa un 3% de caída de presión.

Tabla AP10. Resumen de Selección de Diámetros Tuberías Principales.

Tramo	Flujo total (kg/h)	Flujo de diseño (kg/h)	Diámetro Nominal (mm)	Caída de Presión Máxima (bar)	Velocidad (m/s)
A-B	1360,67	1360,67	80	0,2	27,76
B-C	1060,67	1060,67	50	0,2	31,02
C-D	860,67	860,67	50	0,5	26,12
D-E	160,67	160,67	20	0,5	23,33
C2-esterilización 1	200,00	200,00	25	2,0	22,21

Fuente: Elaboración propia.

Para las tuberías derivativas se utilizará la tabla 2 de folleto de distribución de vapor SPIRAX SARCO. Al despreciar la distancia por ende la caída de presión, entonces se diseña basándonos en la velocidad sugerida para tuberías derivativas que sería 15 m/s.

Tabla AP11. Resumen de Selección de Diámetros Tuberías Derivativas.

Tramo	Flujo to (kg/h)	Flujo diseño (kg/h)	Diámetro Nominal (mm)	Presión de Trabajo (bar)	Velocidad (m/s)
B1-cocina	300	300	65	3,0	14,03
D3-lavandería y secado	700	700	100	2,8	15
E4-esterilización 2	150	150	40	3,5	15

Fuente: Elaboración propia.

Nota:

1. Todos los tramos de tuberías están diseñados para poder transportar el sobrante de vapor entre el consumo actual y lo que producirá la caldera.
2. Tuberías de Hierro Negro.
3. Lo anterior es una base para calcular los accesorios y retorno de condensado del circuito de vapor.
4. Con las características anteriores se puede cotizar un sistema de generación de vapor centralizado para una caldera de 90 BHP.

Apéndice 21: Diseño de planos para el proyecto del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega.

CONVERSIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR DE AGUA EN EL HCLVV

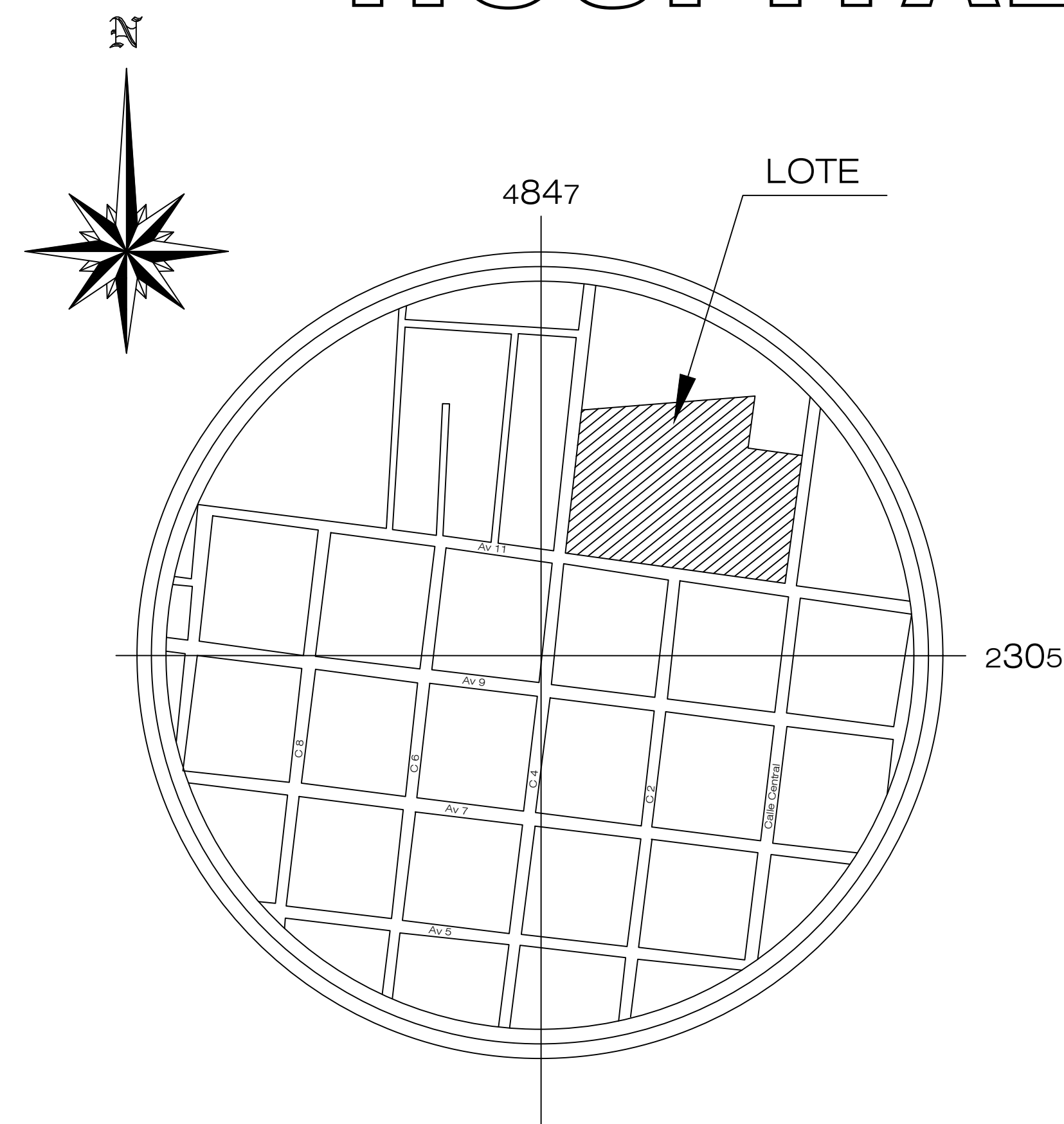
BASADO EN EL PLAN NACIONAL DE ENERGIA 2015-2030 EN COSTA RICA

HOSPITAL DR. CARLOS LUIS VALVERDE VEGA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESTUDIANTE JABED RODRIGUEZ VARGAS

200949606



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

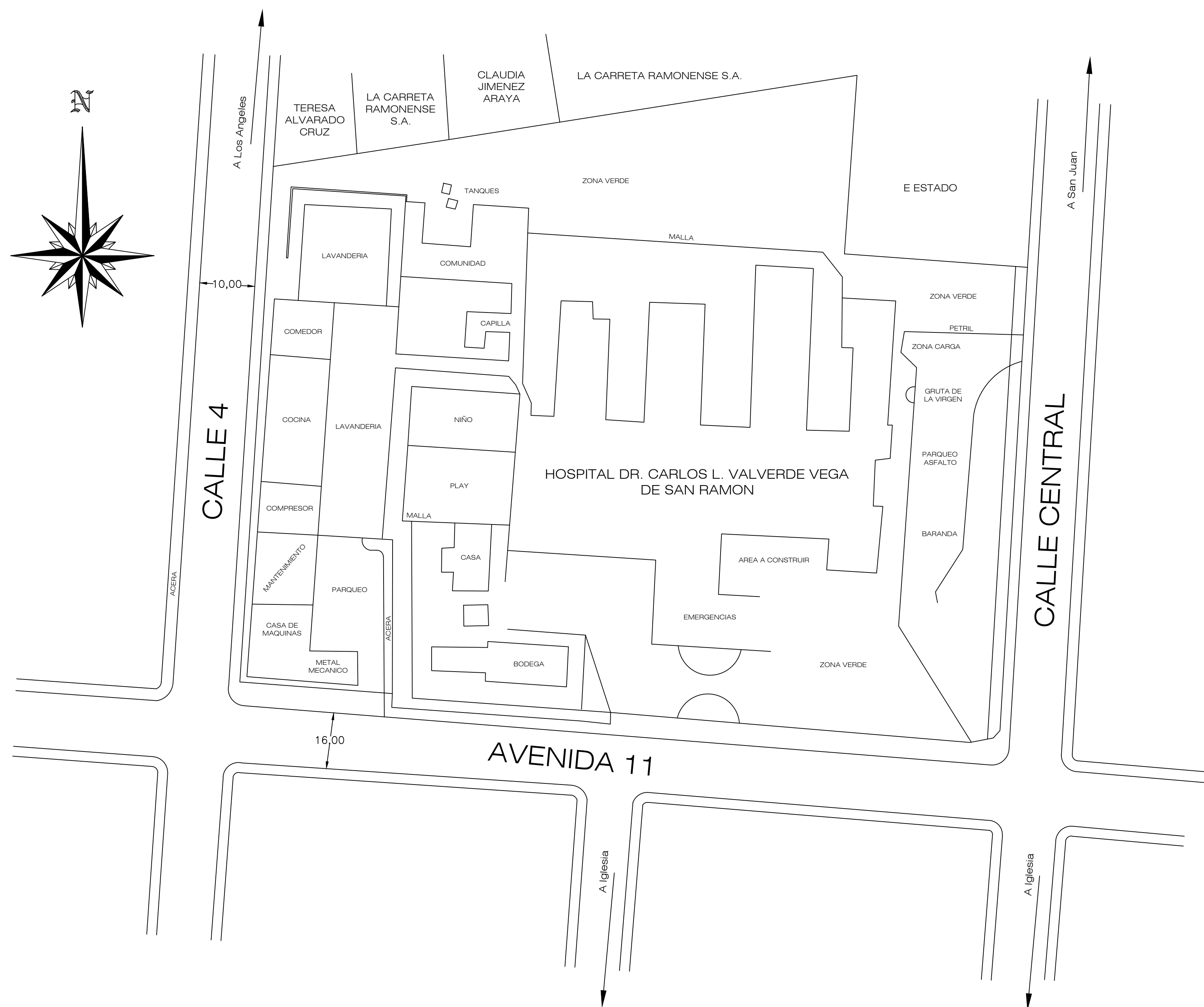
Sin escala

PROYECTO:

PROYECTO:

INDICE GENERAL DE LAMINAS

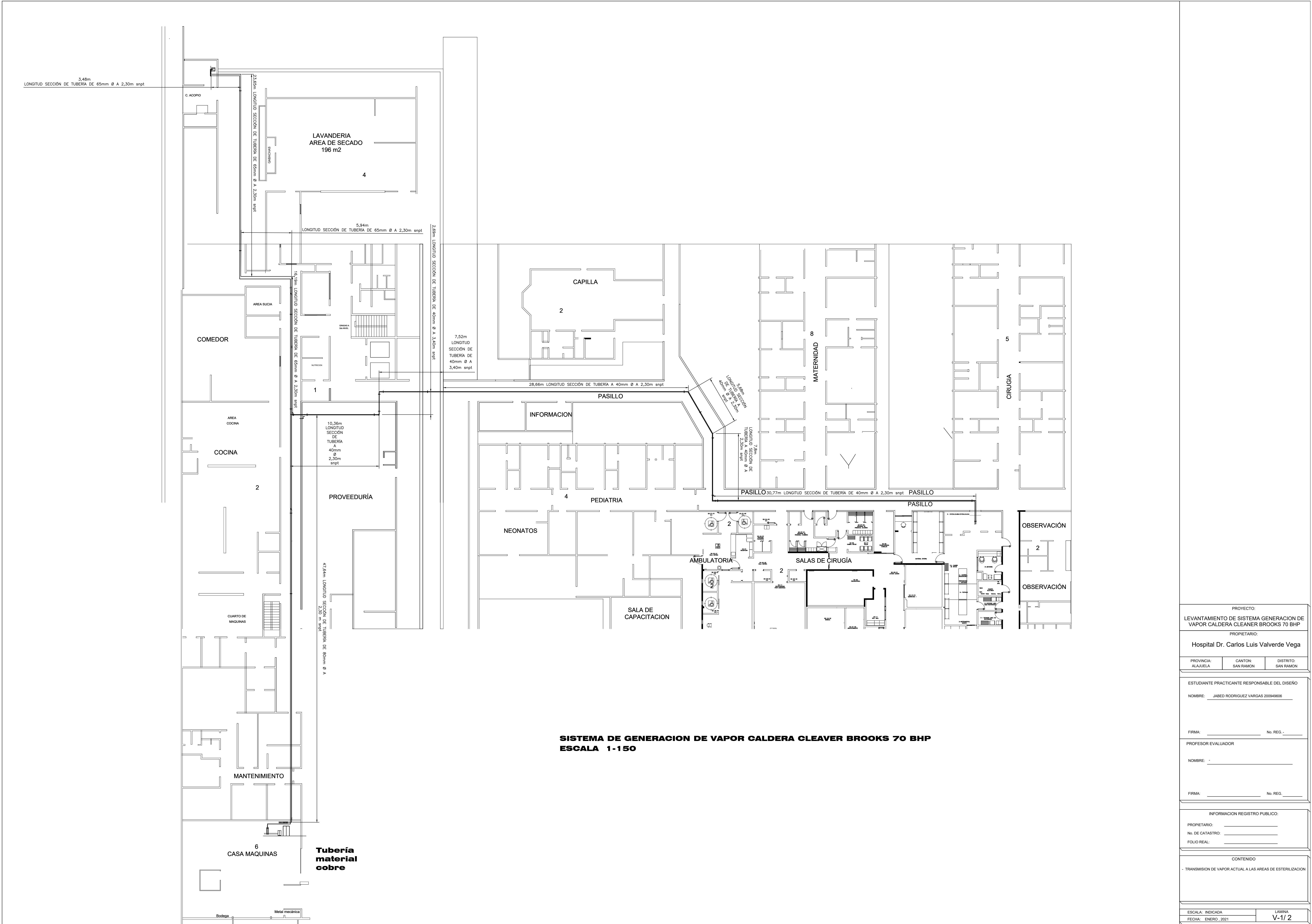
- LEVANTAMIENTO DEL SISTEMA DE VAPOR CALDERA 70 BHP
- DISEÑO SISTEMA DE COLECTOR DE AGUA TÉRMICO SOLAR
- DISEÑO INSTALACIÓN AUTOCLAVE CON GENERADOR ELÉCTRICO PROPIO



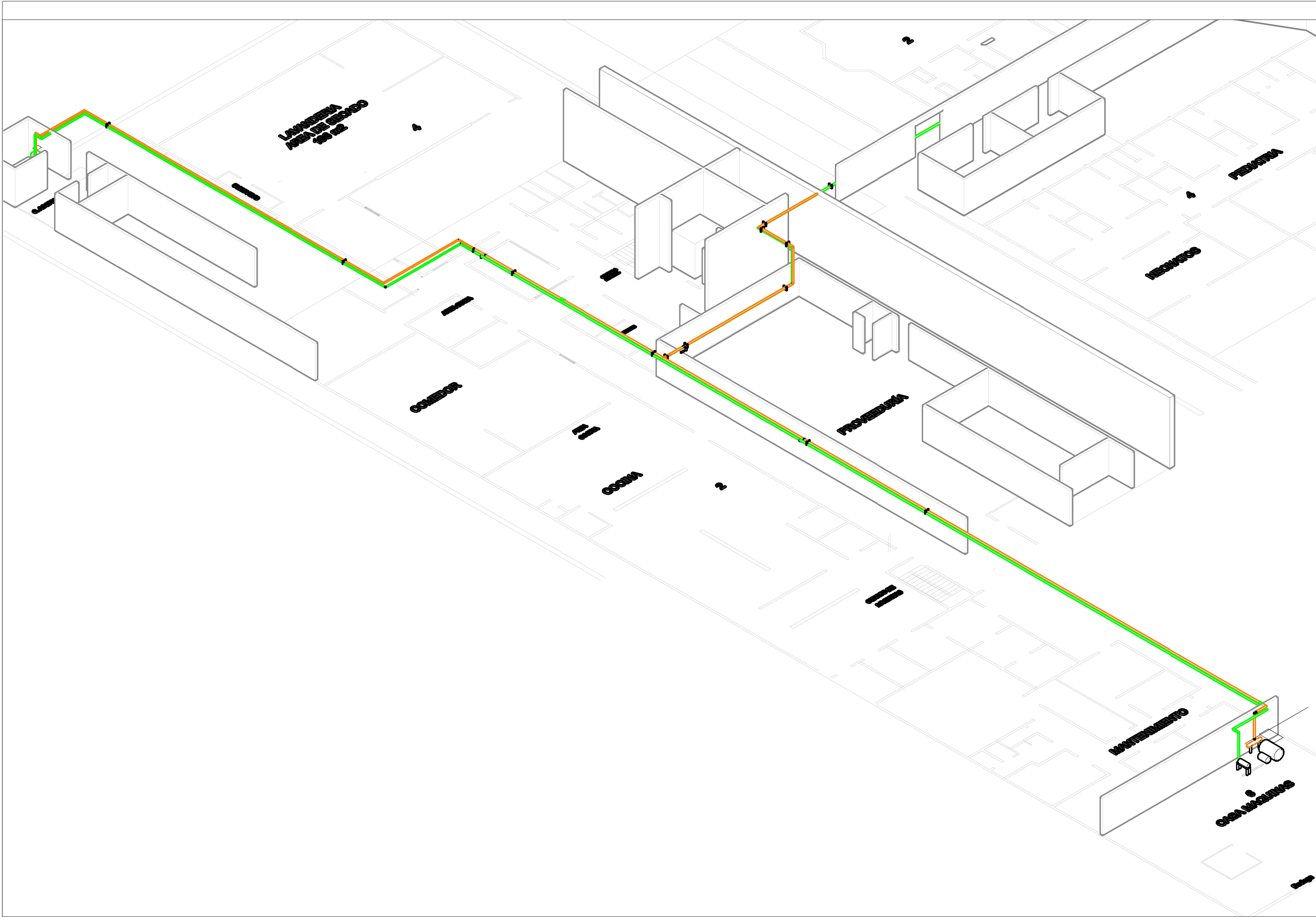
LOCALIZACIÓN DEL LOTE

Sin escala

PROYECTO: CONVERSIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR		
PROPIETARIO: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega		
PROVINCIA: ALAJUELA	CANTÓN: SAN RAMÓN	DISTRITO: SAN RAMÓN
ESTUDIANTE PRACTICANTE RESPONSABLE DEL DISEÑO		
NOMBRE: JABED RODRIGUEZ VARGAS 200949606		
FIRMA: _____ No. REG. -		
PROFESOR EVALUADOR		
NOMBRE: -		
FIRMA: _____ No. REG. -		
INFORMACION REGISTRO PUBLICO:		
PROPIETARIO: _____		
No. DE CATASTRO: _____		
FOLIO REAL: _____		
CONTENIDO		
- LAMINA DE PORTADA		
ESCALA: INDICADA	LAMINA	
FECHA: ENERO, 2021	1 / 1	

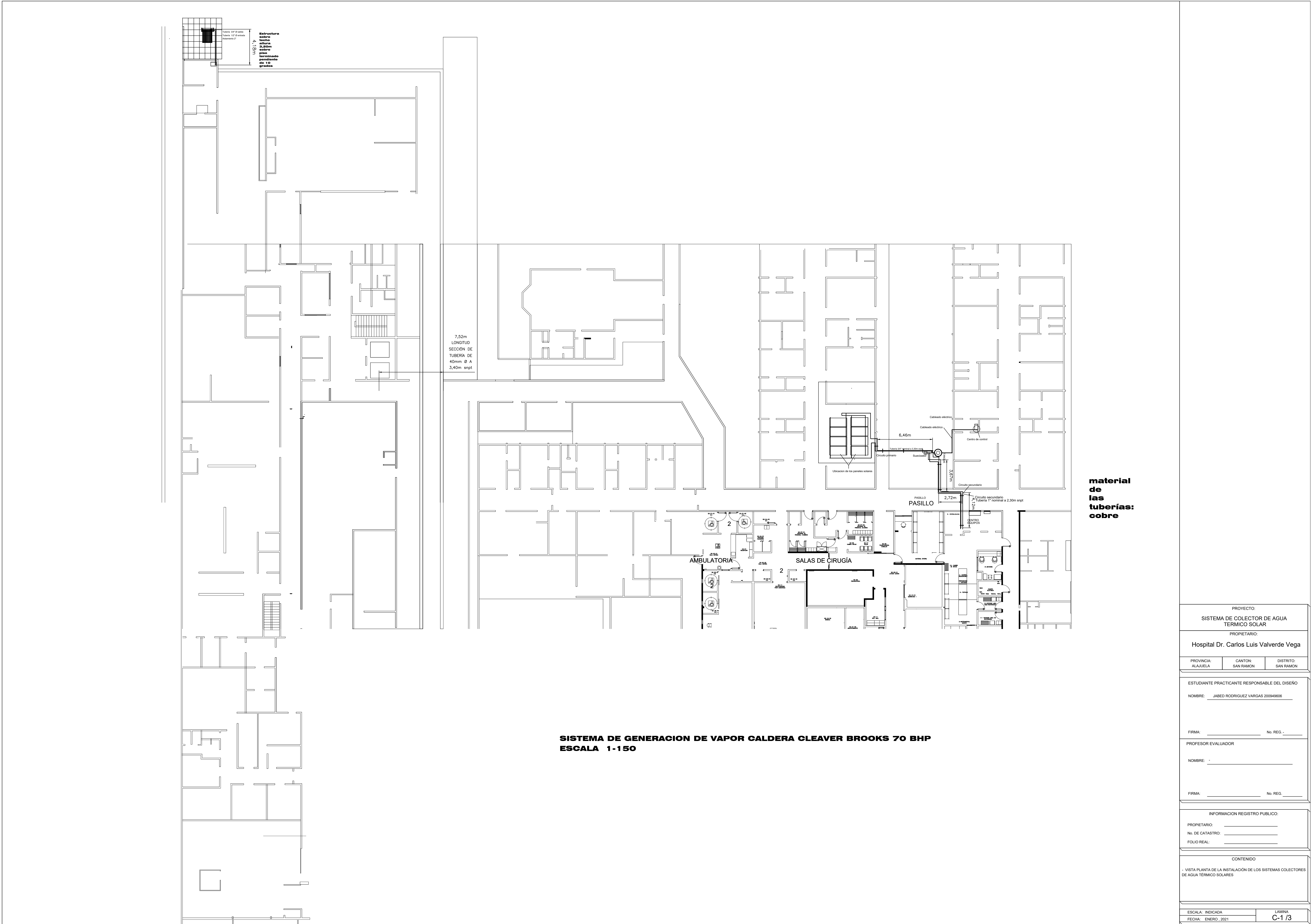


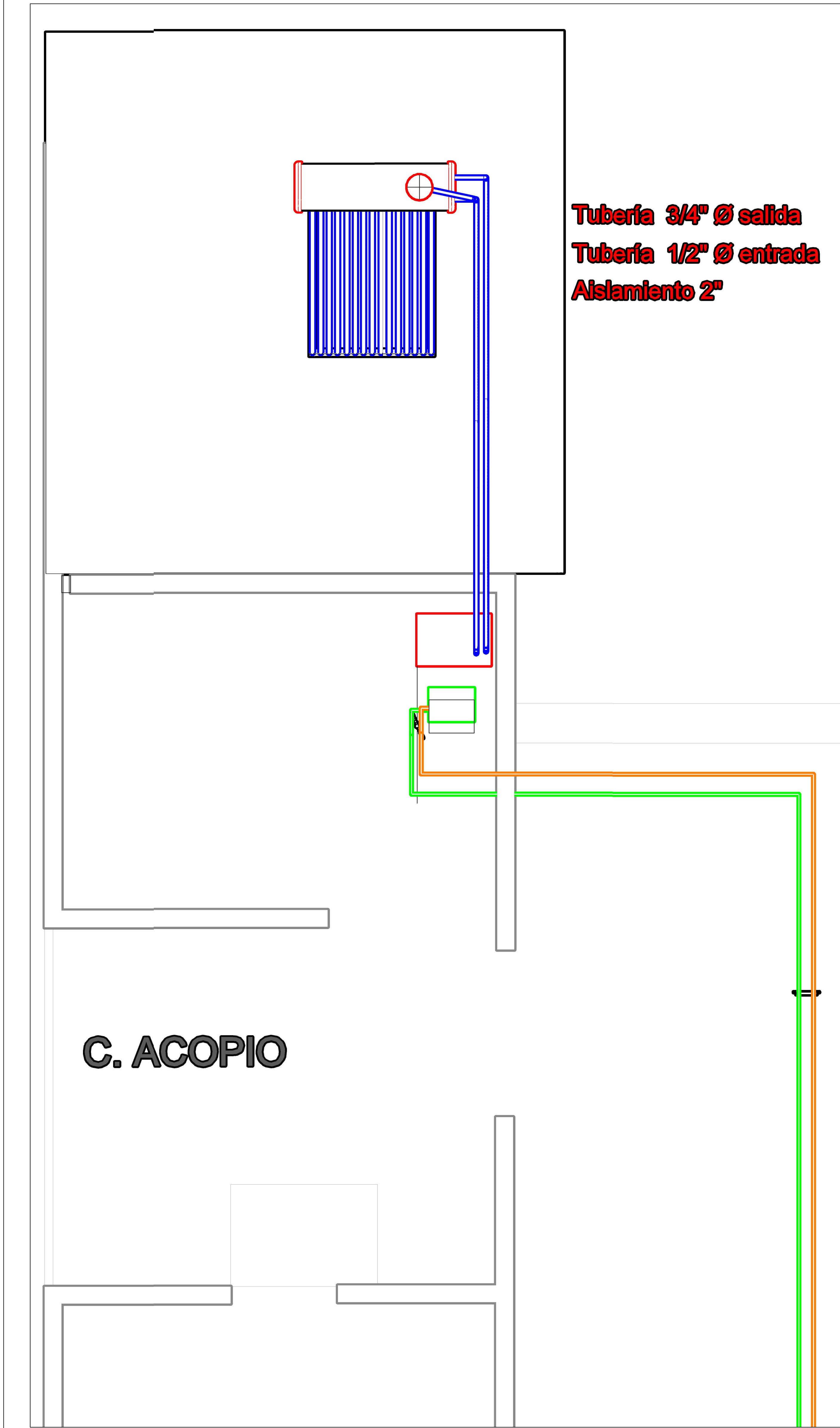
PROYECTO: LEVANTAMIENTO DE SISTEMA GENERACION DE VAPOR CALDERA CLEAVER BROOKS 70 BHP		
PROPIETARIO: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega		
PROVINCIA: ALAJUELA	CANTON: SAN RAMON	DISTRITO: SAN RAMON
ESTUDIANTE PRACTICANTE RESPONSABLE DEL DISEÑO NOMBRE: JABED RODRIGUEZ VARGAS 200849008		
FIRMA: _____ No. REG. - _____		
PROFESOR EVALUADOR NOMBRE: - _____		
FIRMA: _____ No. REG. - _____		
INFORMACION REGISTRO PUBLICO: PROPIETARIO: _____ No. DE CATASTRO: _____ FOLIO REAL: _____		
CONTENIDO - TRANSMISION DE VAPOR ACTUAL A LAS AREAS DE ESTERILIZACION		
ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO, 2021	LAMINA V-1/ 2	



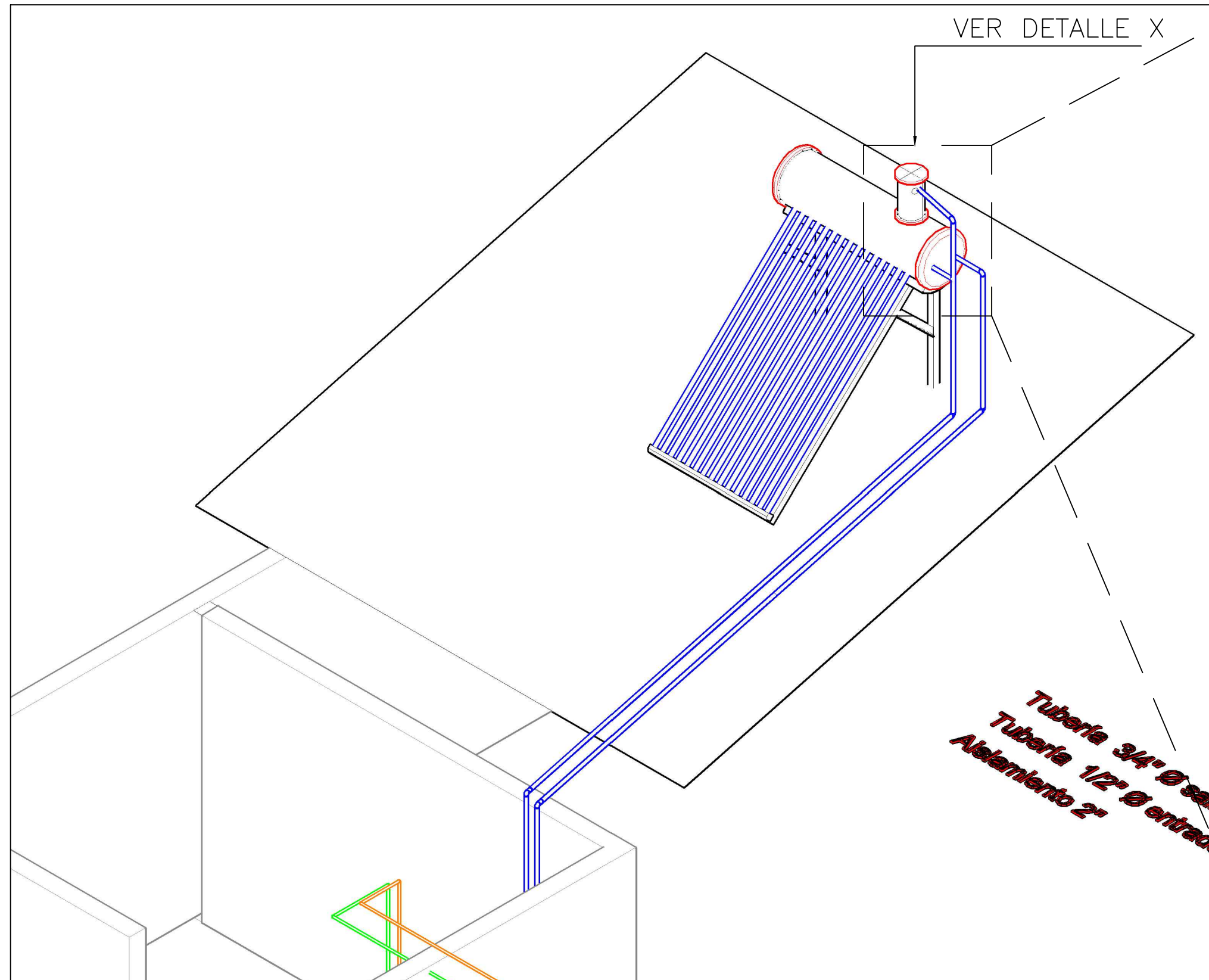
DETALLE DE TRANSMISION DE VAPOR ACTUAL EN 3D A LAS AREAS DE ESTERILIZACION (ZONA A)
ESCALA 1-100

PROYECTO: LEVANTAMIENTO DE SISTEMA GENERACION DE VAPOR CALDERA CLEANER BROOKS 70 BHP		
PROPIETARIO: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega		
PROVINCIA: ALAJUELA	CANTON: SAN RAMON	DISTRITO: SAN RAMON
ESTUDIANTE PRACTICANTE RESPONSABLE DEL DISEÑO		
NOMBRE: JABED RODRIGUEZ VARGAS 200849008		
FIRMA: _____ No. REG. - _____		
PROFESOR EVALUADOR		
NOMBRE: - _____		
FIRMA: _____ No. REG. - _____		
INFORMACION REGISTRO PUBLICO:		
PROPIETARIO: _____		
No. DE CATASTRO: _____		
FOLIO REAL: _____		
CONTENIDO		
- DETALLE DE TRANSMISIÓN DE VAPOR ACTUAL EN 3D A LAS ÁREAS DE ESTERILIZACIÓN		
ESCALA: INDICADA		LAMINA
FECHA: ENERO, 2021		V-2 /2

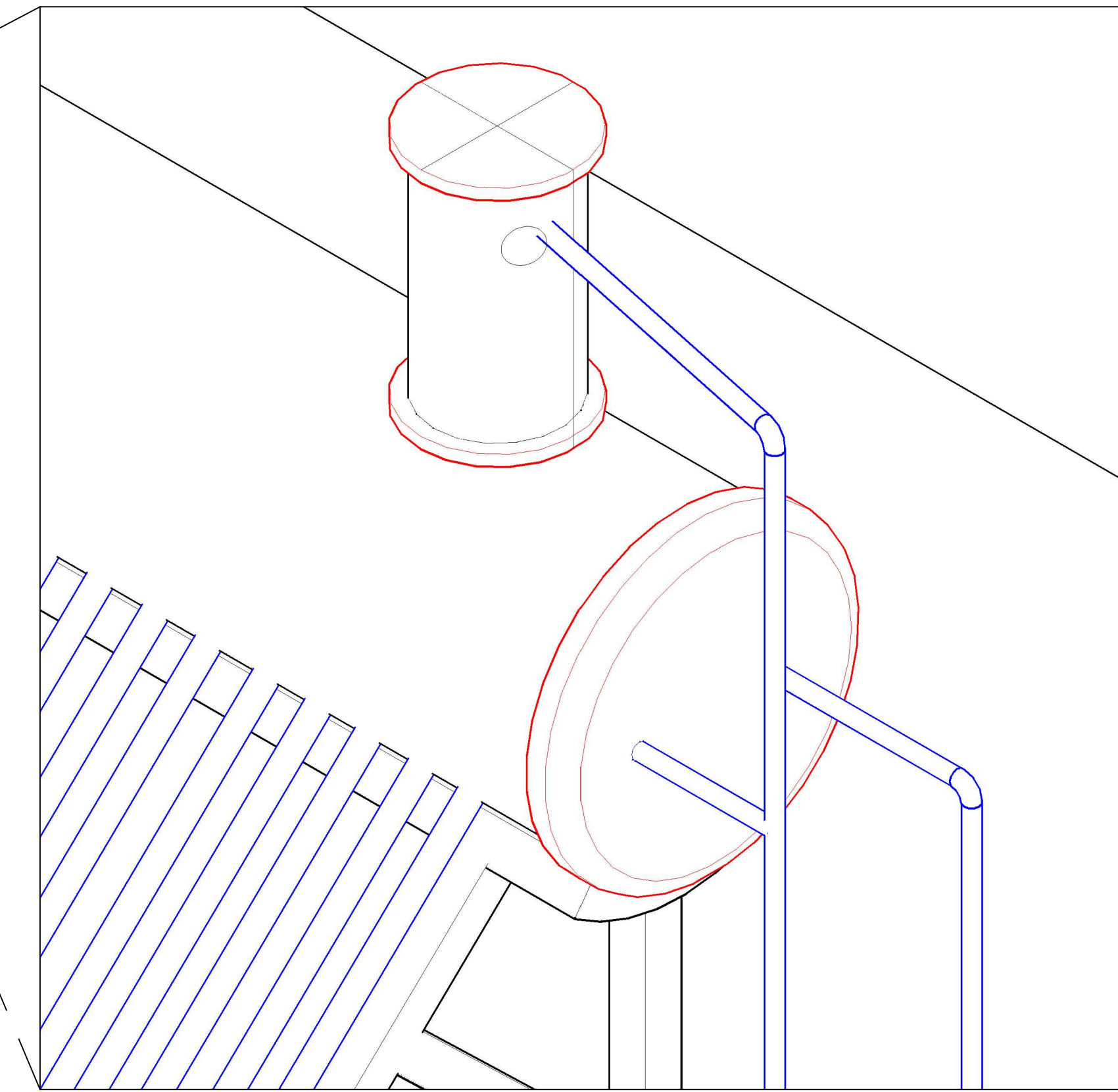




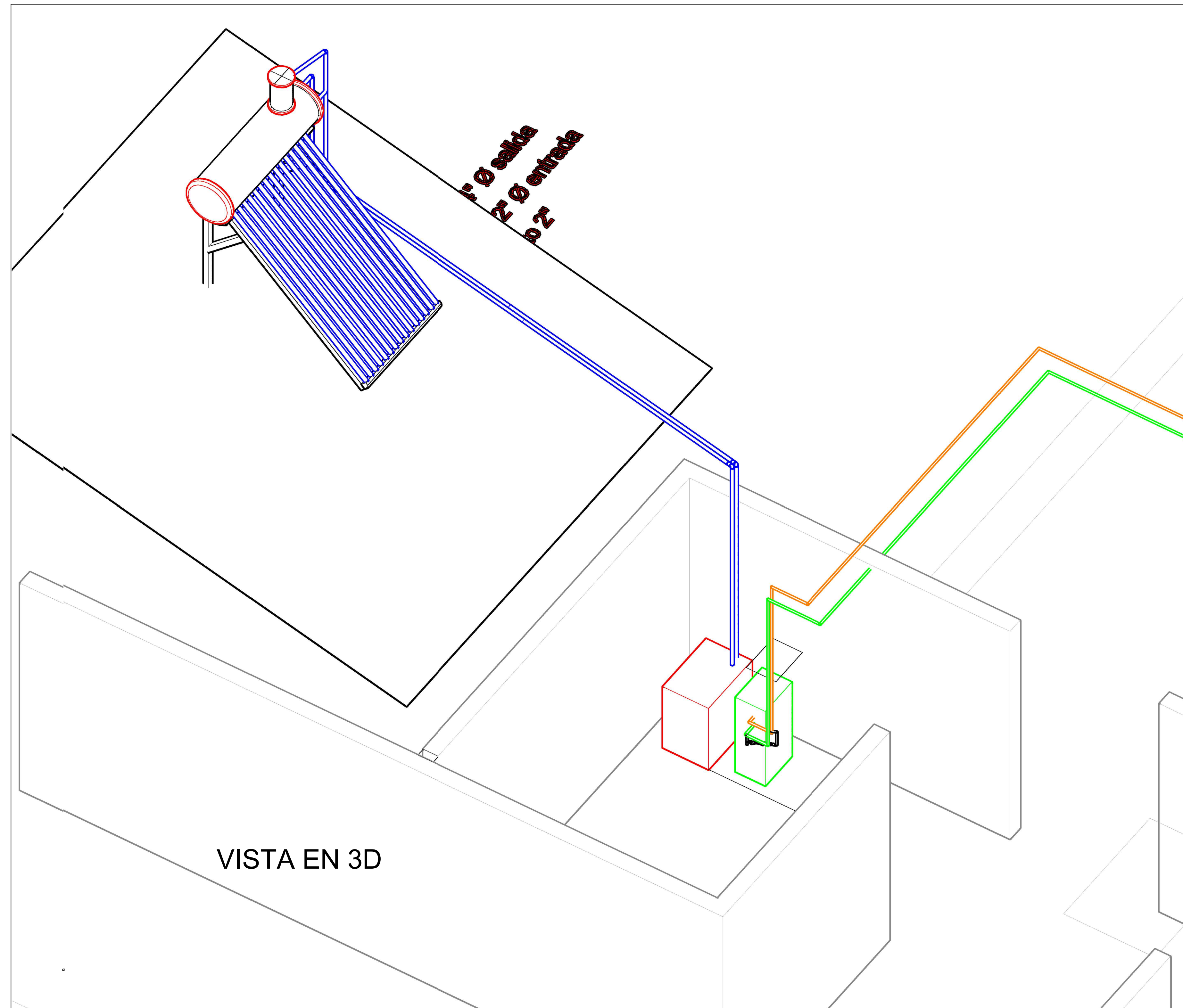
VISTA EN PLANTA DEL COLECTOR DE AGUA TERMICO SOLAR
ESCALA 1-20



DETALLE VISTA EN 3D DE LAS CONEXIONES
DEL COLECTOR TERMOSIFON
ESCALA 1-30

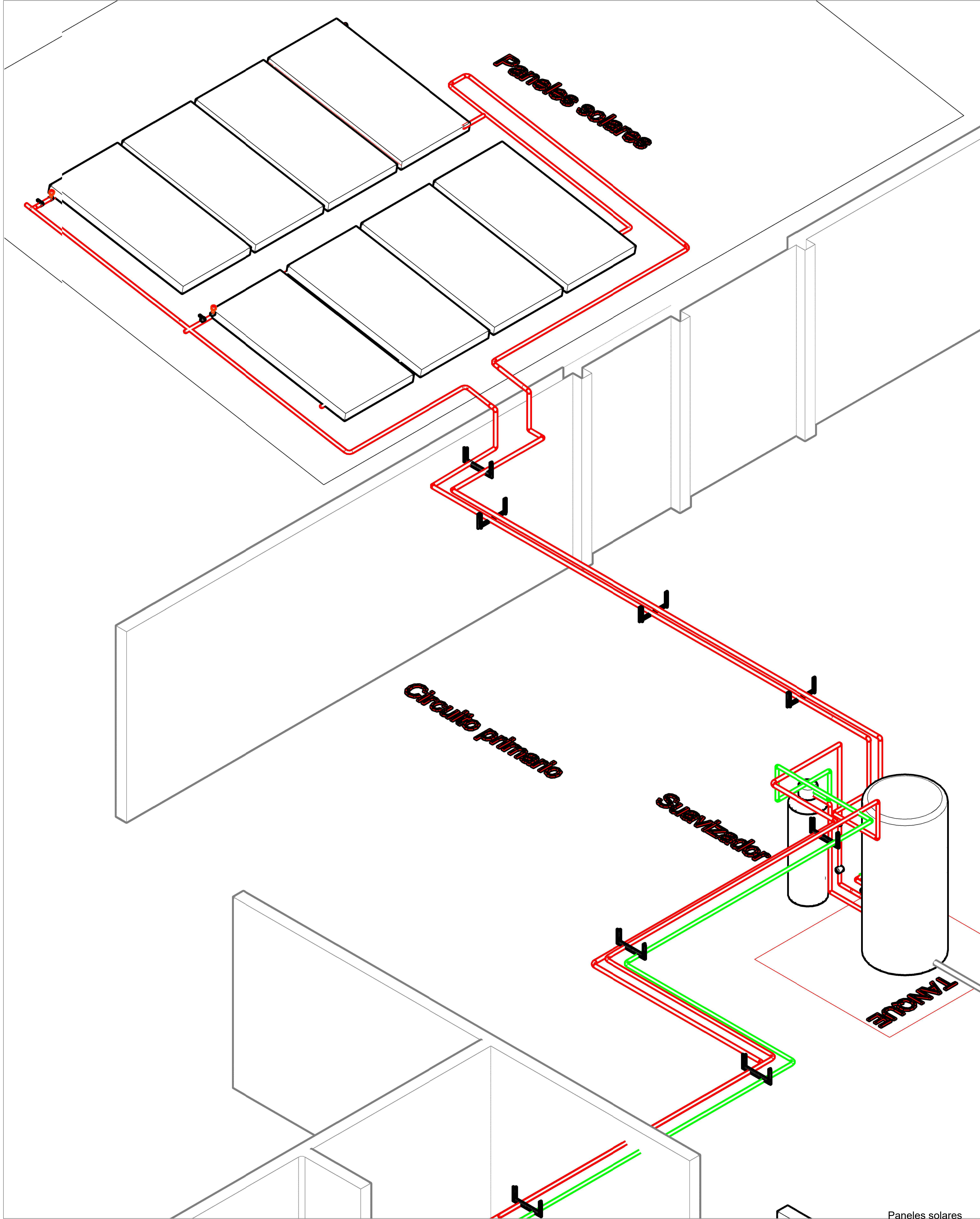


(DETALLE X) AMPLIACION DE LA CONEXION DEL TERMOSIFON
ESCALA 1-5

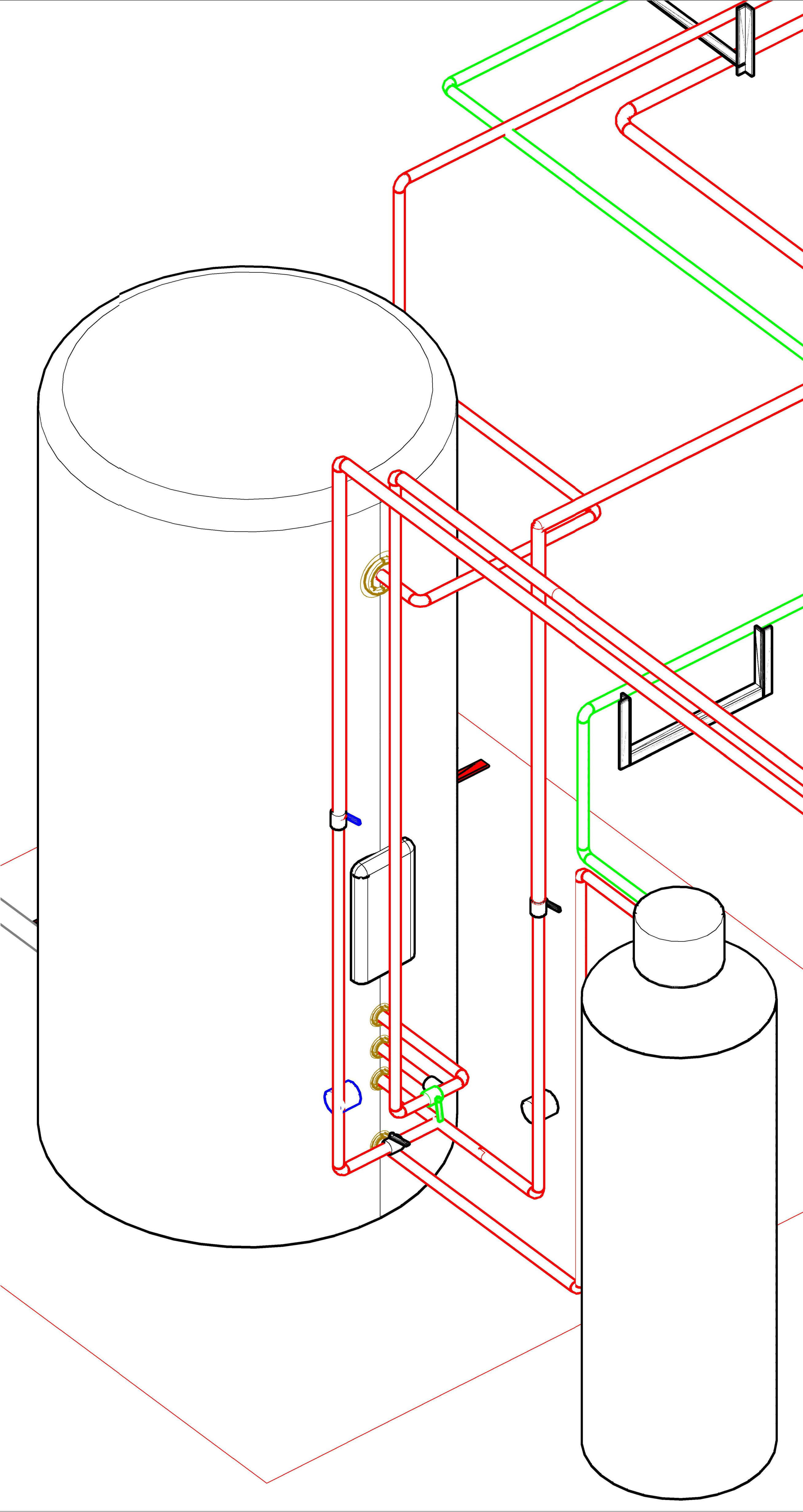


DETALLE VISTA EN 3D DE LAS CONEXIONES DEL COLECTOR DE AGUA TERMICO SOLAR
ESCALA 1-20

PROYECTO: SISTEMA DE COLECTOR DE AGUA TERMICO SOLAR		
PROPIETARIO: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega		
PROVINCIA: ALAJUELA	CANTON: SAN RAMON	DISTRITO: SAN RAMON
ESTUDIANTE PRACTICANTE RESPONSABLE DEL DISEÑO NOMBRE: JABED RODRIGUEZ VARGAS 200849006		
FIRMA: _____ No. REG. - _____		
PROFESOR EVALUADOR NOMBRE: - _____		
FIRMA: _____ No. REG. - _____		
INFORMACION REGISTRO PUBLICO: PROPIETARIO: _____ No. DE CATASTRO: _____ FOLIO REAL: _____		
CONTENIDO - VISTA PLANTA INSTALACIÓN COLECTOR TERMOSIFÓN - DETALLE DE INSTALACIÓN EN 3D DEL COLECTOR TERMOSIFÓN PARA AREA DE ESTERILIZACIÓN A.		
ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO, 2021	LAMINA C-2/3	



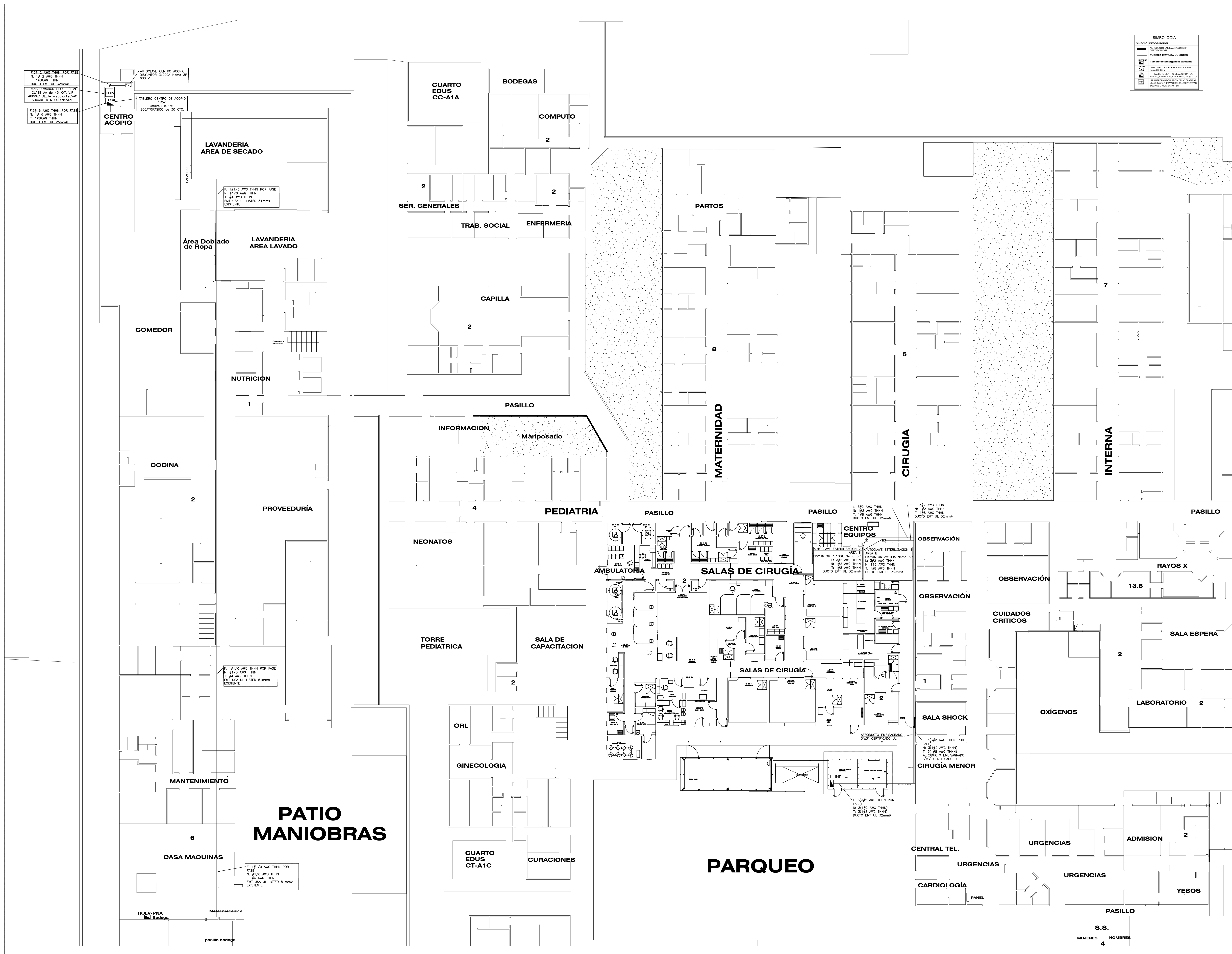
ESCALA 1-20
- VISTA EN 3D - PANELES COLECTORES SOLARES Y TRANSMISION INTERACUMULADOR PARA AREA DE ESTERILIZACION B

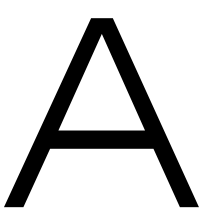


- VISTA EN 3D - CONEXIONES TANQUE TRANSMISION INTERACUMULADOR PARA AREA DE ESTERILIZACION B

ESCALA 1-5

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE COLECTOR DE AGUA TERMICO SOLAR		
PROPIETARIO: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega		
PROVINCIA: ALAJUELA	CANTON: SAN RAMON	DISTRITO: SAN RAMON
ESTUDIANTE PRACTICANTE RESPONSABLE DEL DISEÑO NOMBRE: JABED RODRIGUEZ VARGAS 200849006		
FIRMA: _____ No. REG. _____		
PROFESOR EVALUADOR NOMBRE: _____		
FIRMA: _____ No. REG. _____		
INFORMACION REGISTRO PUBLICO: PROPIETARIO: _____ No. DE CATASTRO: _____ FOLIO REAL: _____		
CONTENIDO - DETALLES DE INSTALACIÓN PANELES COLECTORES SOLARES Y TRANSMISIÓN INTERACUMULADOR PARA ÁREA DE ESTERILIZACIÓN B		
ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO, 2021	LAMINA C-3 /3	





Cálculo de la caída de tensión inicial												
Circuito	Longitud crítica (m)	Calibre (#AWG THHN L1,L2,L3 y N)	Calibre (#AWG THHN T)	Resistividad del material (Ω/km)	Capacidad (VA)	Voltaje (V)	Corriente (A)	% CV	CV total	Disyuntor (A)	Area (mm2) por grupo	Ducto EMT (metrico)
Autoclave 1 – Centro de Esterilización ÁREA B	44,8	2	8	0,685	31397	480	65	0,83	0,83	90	353,47	35
Autoclave 2 – Centro de Esterilización ÁREA B	44,8	2	8	0,685	31397	480	65	0,83	0,83	90	353,47	35
Autoclave 1 – Centro de Esterilización ÁREA A	6	2	8	0,685	15698	208	75	0,15	0,35	80	353,47	35

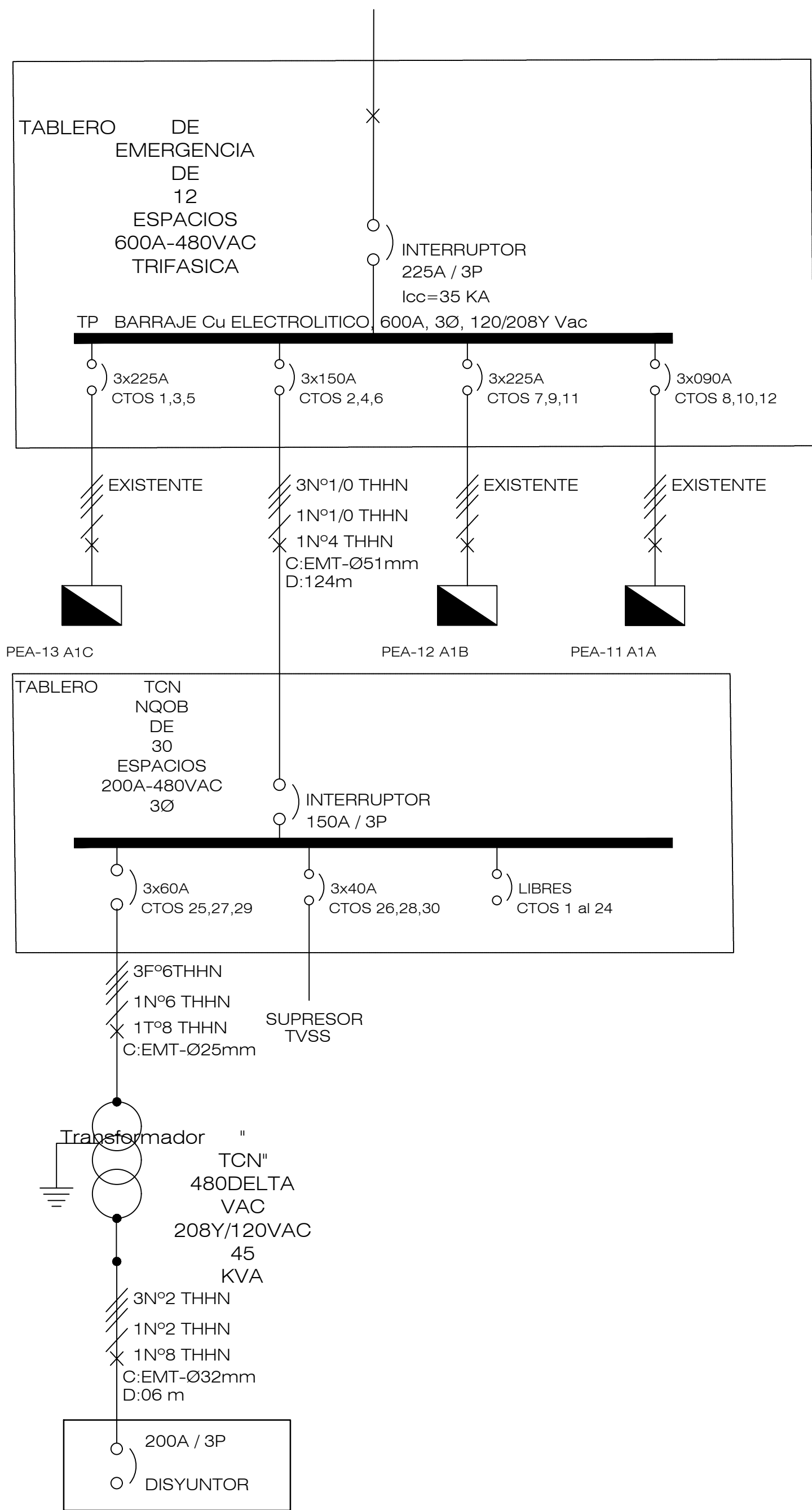
Cálculo de la caída de tensión del tablero existente TCN NQOB hasta transformador transformador seco ZONA A											
Circuito	Longitud (m)	Calibre (#AWG THHN L1,L2,L 3 y N)	Calibre T	Resistividad del material (Ω/km)	Capacidad (VA)	Voltaje de fase (v)	Corriente de carga (A)	CV	Disyuntor (A)	Area (mm2) por grupo	Ducto EMT (metrico)
Tablero TCN NQOB de 30 espacios 200A–480VAC 3ø	5	6	8	1,61	16800	480	35	0,20	50	154,45	27

__Sin escala

NOTAS ELECTRICAS

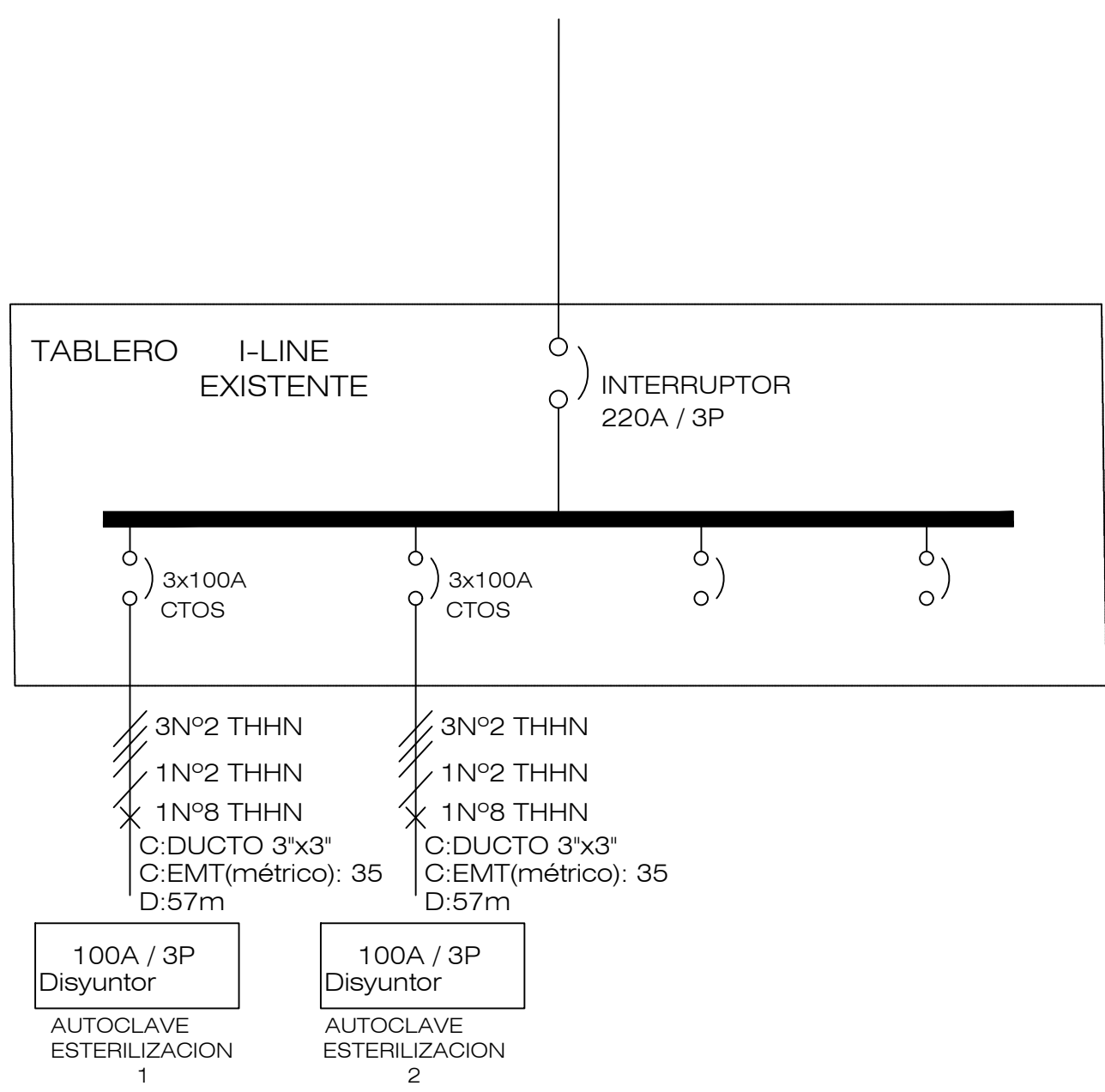
1. Se instalarán las acometidas para el tablero de centro de esterilización área B (ver detalles en plano).
2. Se instalará el tablero y la puesta del transformador seco para centro de esterilización área A (ver detalles en el plano).
3. Se deberá trabajar respetando las indicaciones técnicas de los siguientes documentos:
 - * Estudio de Ingeniería aprobado por el ICE
 - * El presente plano Eléctrico Visado por el CFIA y el Código Eléctrico vigente.
 - * Toda esta información se deberá complementar con las Especificaciones técnicas aportadas en el Cartel del proyecto.
4. El trabajo indicado en este proyecto eléctrico, deberá realizarse en coordinación con el Jefe de mantenimiento y las Autoridades administrativas del Hospital, evitando en todo momento la interrupción eléctrica parcial o total de los equipos y sistemas del Hospital de San Ramón.
5. En este plano esta claramente indicado cuales elementos del sistema son existentes y deben permanecer y cuales son nuevos a instalar y conectar por el Contratista. Si se diera alguna duda del trabajo que se debe realizar favor referirse al ingeniero diseñador del mismo antes de asumir el Contrato.
6. Los datos de la tabla de memoria de cálculo son los analizados por el prácticante Jabed Rodríguez Vargas Los cambios realizados por el personal a cargo de la instalación ya quedo fuera de la responsabilidad del serviddor. Se observa el circuito unifilar final levantado para futuras referencias.
7. Se deben realizar pruebas de resistencia de aislamiento a cada uno y todos los conductores a instalar nuevos tanto de circuitos ramales así como los alimentadores de acometida, mediante equipo certificado. La resistencia de aislamiento no será menor de 50 Megohmios. Se debe presentar a la Inspección un documento en limpio con los datos de medición obtenidos para su aceptación.

HOSPITAL CARLOS LUIS VALVARDE VEGA
Detalle de conexión A



SECCION DEL DIAGRAMA UNIFILAR ZONA A
__Sin escala

HOSPITAL CARLOS LUIS VALVARDE VEGA
Detalle de conexión B



SECCION DEL DIAGRAMA UNIFILAR ZONA B
__Sin escala

SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	AERODUCTO EMBISAGRADO 3"x3" CERTIFICADO UL
	TUBERIA EMT USA UL LISTED
	Tablero de Emergencia Existente
	DESCONECTADOR PARA AUTOCLAVE Nema 3R 600 V
	TABLERO CENTRO DE ACOPIO "TCA" 480VAC,BARRAS 200ATRIFASICO de 30 CTO.
	TRANSFORMADOR SECO "TCN" CLASE AA de 45 KVA V.P 480VAC DELTA -208Y/120VAC SQUARE D MOD.EXN45T3H

PROYECTO: DISEÑO ELECTRICO PARA LA INSTALACION DE LOS SISTEMAS AUTOCLAVE		
PROPIETARIO: Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega		
PROVINCIA: CARTAGO	CANTON: 01 CARTAGO	DISTRITO: ORIENTAL

ESTUDIANTE PRACTICANTE RESPONSABLE DEL DISEÑO: NOMBRE: JABED RODRIGUEZ 200949606	
FIRMA: No. REG. 200-25678.	
PROFESOR EVALUADOR: NOMBRE: FIRMA: No. REG. _____	

INFORMACION REGISTRO PUBLICO: PROPIETARIO: No. DE CATASTRO: FOLIO REAL:	
--	--

CONTENIDO . DIAGRAMA UNIFILAR, MEMORIA DE CÁLCULO Y NOTAS DE INSTALACIÓN DE AUTOCLAVES.	
--	--

ESCALA: INDICADA	LAMINA E-3/3
FECHA: ENERO 2021	